

**I. Ueber die Anwendung der mechanischen Wärmetheorie auf die thermoelektrischen Erscheinungen;
von R. Clausius.**

(Fortsetzung des im 87ten Bande dieser Ann. enthaltenen Aufsatzes »über die bei einem stationären elektrischen Strome in dem Leiter gethane Arbeit und erzeugte Wärme«.)

In dem in der Ueberschrift erwähnten Aufsätze wurden die Wirkungen des als stationär vorausgesetzten Stromes nur innerhalb eines *homogenen* Leiters betrachtet, von welchem noch angenommen wurde, 1) dafs er durch den Strom weder eine mechanische noch eine chemische Veränderung erleide, und 2) dafs keinerlei inducirende Wirkungen zwischen ihm und andern Leitern oder Magneten stattfinden. In diesem Falle war nur die Kraft zu betrachten, welche den Leitungswiderstand überwindet, und die von dieser Kraft gethane Arbeit, sowie die damit verbundene Wärmeerzeugung wurden dort ermittelt, und die Uebereinstimmung der so gefundenen Resultate mit der Erfahrung nachgewiesen.

In dem Nachfolgenden wollen wir die beiden zuletzt angeführten Bedingungen ebenfalls beibehalten, dagegen wollen wir statt des homogenen Leiters einen solchen betrachten, der aus mehreren ohne Elektrolyse leitenden Stoffen zusammengesetzt ist, wobei es hauptsächlich die an den Berührungsflächen je zweier Stoffe stattfindenden Vorgänge sind, welche unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen werden.

Man pflegt es als eine durch elektroskopische Versuche hinlänglich erwiesene Thatsache zu betrachten, dafs bei der Berührung zweier verschiedener Stoffe eine elektrische

Spannungsdifferenz zwischen ihnen eintrete, indem sich die Elektrizität ungleich unter ihnen theile. Hiernach muß man für den Zustand des Gleichgewichtes annehmen, daß die Potentialfunction zwar innerhalb jedes einzelnen Stoffes constant sey, aber in zwei sich berührenden Stoffen verschiedene Werthe habe ¹⁾, und für den während eines continuirlichen Stromes stattfindenden Zustand, daß die Potentialfunction sich innerhalb jedes einzelnen Stoffes nur allmählig, an der Berührungsfläche zweier Stoffe aber plötzlich ändere.

Wir wollen diese Thatsache vorläufig ebenfalls als feststehend annehmen, und zu weiteren Schlüssen benutzen. Die Vergleichung der letzteren mit der Erfahrung kann dann ihrerseits wieder dazu dienen die Zulässigkeit jener Annahme zu prüfen. Bezeichnen wir also die Potentialfunction innerhalb des ersten und zweiten Stoffes zur Unterscheidung mit V_1 und V_2 , so findet für je zwei Punkte, welche sich zu beiden Seiten der Berührungsfläche sehr nahe gegenüberliegen, die Gleichung

$$(1.) \quad V_2 - V_1 = E$$

statt, worin E eine von der Beschaffenheit der sich berührenden Stoffe abhängige GröÙe ist, welche wir im Folgenden immer kurz die *elektrische Differenz* nennen wollen.

Man darf diese plötzliche Aenderung der Potentialfunction natürlich nicht im streng mathematischen Sinne als einen Sprung betrachten, welcher in einer mathematischen Fläche stattfindet, sondern nur als eine sehr schnelle Aenderung in der Nähe dieser Fläche. Zur Erklärung derselben muß man, wie schon mehrfach, und besonders be-

- 1) In elektrostatischen Untersuchungen legt man gewöhnlich den Satz zu Grunde, daß in einem ganzen Systeme unter sich verbundener Leiter im Zustande des Gleichgewichtes die Potentialfunction überall denselben Werth habe; dadurch sollen aber die durch Verschiedenheit der Stoffe bedingten Unterschiede nicht bestritten werden, sondern sie sind nur ihrer Kleinheit wegen vernachlässigt, da man es in der Elektrostatik gewöhnlich mit viel größeren Unterschieden zu thun hat.

stimmt neuerdings von Helmholtz ¹⁾ ausgesprochen ist, zwei zu beiden Seiten der Berührungsfläche sich gegenüberliegende entgegengesetzt elektrische Schichten annehmen, also eine ähnliche Anordnung, wie bei einer geladenen Leidener Flasche oder Franklin'schen Tafel.

Es entsteht nun aber die Frage, was es für eine Kraft ist, welche diese beiden Schichten, die doch durch keinen nichtleitenden Körper von einander getrennt sind, hindert, sich in ihrem elektrischen Zustande auszugleichen, und welche sogar, wenn die Elektrizität einen anderen Weg zur Ausgleichung hat, in demselben Maasse, wie dadurch die Differenz an der Berührungsfläche geringer werden würde, immer neue Elektrizität von der negativen nach der positiven Seite hinübertreibt, und so einen fortwährenden elektrischen Strom möglich macht.

Helmholtz spricht sich darüber in seiner Schrift »über die Erhaltung der Kraft« S. 47 folgendermaassen aus. »Es lassen sich nämlich offenbar alle Erscheinungen in Leitern erster Klasse (d. h. solchen, in denen die Leitung der Elektrizität ohne Elektrolyse stattfindet) herleiten aus der Annahme, daß die verschiedenen chemischen Stoffe verschiedene Anziehungskräfte haben gegen die beiden Elektricitäten ²⁾, und daß diese Anziehungskräfte nur in unmeßbar kleinen Entfernungen wirken, während die Elektricitäten auf einander es auch in gröfseren thun. Die Contactkraft würde danach in der Differenz der Anziehungskräfte bestehen, welche die der Berührungsstelle zunächst liegenden Metalltheilchen auf die Elektricitäten dieser Stelle ausüben, und das elektrische Gleichgewicht eintreten, wenn ein elektrisches Theilchen, welches von dem einen zum

1) Diese Ann. Bd. 89.

2) Ob man zwei Elektricitäten oder nur Eine annimmt, ist hierbei gleichgültig. Wenn ich daher im Folgenden der Bequemlichkeit wegen, übereinstimmend mit meinem vorigen Aufsatze, immer nur von Einer Elektricität spreche, so hat das auf die Resultate gar keinen Einfluß, da sich, wie ich schon dort erwähnt habe, alle Schlüsse leicht aus der einen Hypothese in die andere übersetzen lassen.

andern übergeht, nichts mehr an lebendiger Kraft verliert oder gewinnt.“

Mit dieser Erklärung stimmen meines Wissens auch die Ansichten der meisten anderen Physiker überein, wenn die darüber vorhandenen Aussprüche auch minder klar und bestimmt sind; dessen ungeachtet glaube ich ihr wenigstens theilweise widersprechen zu müssen. Ob überhaupt eine elektrische Differenz in der hier angegebenen Weise blofs durch die verschiedenen Anziehungskräfte verschiedener chemischer Stoffe gegen die Elektricität hervorgebracht wird, mag vorläufig dahingestellt bleiben, dafs sich aber hieraus, wie behauptet wird, *alle* Erscheinungen in Leitern erster Klasse herleiten lassen, mufs ich bestreiten. Zur Erklärung der thermoelektrischen Ströme, und der von Peltier entdeckten, durch einen elektrischen Strom verursachten Wärme- und Kälteerregung an der Berührungsstelle zweier Stoffe reicht diese Annahme nicht hin, sondern dazu ist eine andere Annahme nothwendig, nämlich die, *dafs die Wärme selbst bei der Bildung und Erhaltung der elektrischen Differenz an der Berührungsstelle wirksam ist, indem die Molecularbewegung, welche wir Wärme nennen, die Elektricität von dem einen Stoffe zum anderen zu treiben strebt, und nur durch die entgegengewirkende Kraft der beiden dadurch gebildeten elektrischen Schichten, wenn diese eine gewisse Dichtigkeit erreicht haben, daran verhindert werden kann.*

Um dieses zuerst aus den thermoelektrischen Strömen nachzuweisen, denken wir uns irgend eine aus zwei Stoffen, als welche wir der Regel nach Metalle annehmen können, gebildete Kette gegeben. Wenn sich die ganze Kette in gleicher Temperatur befindet, so sind natürlich die elektrischen Differenzen an den beiden Berührungsstellen gleich grofs, und die Potentialfunction kann daher in jedem Metalle für sich einen constanten Werth haben, wie es dem Gleichgewichtszustande entspricht. Werden nun aber die beiden Berührungsstellen in verschiedene Temperaturen gebracht, so entsteht ein Strom, und daraus mufs man schlie-

fsen, dafs in Bezug auf die Vertheilung der Elektrizität eigenthümliche Bedingungen eingetreten sind, die sich durch keinen Gleichgewichtszustand erfüllen lassen.

Solche Bedingungen lassen sich aus der Annahme, dafs die elektrischen Differenzen nur durch die verschiedenen Anziehungskräfte chemisch verschiedener Stoffe gegen die Elektrizität hervorgebracht werden, nicht herleiten. Zunächst ist es überhaupt sehr unwahrscheinlich, dafs solche Anziehungskräfte sich mit der Temperatur ändern sollten, und wenn dieses nicht der Fall wäre, so würde die Wärmevertheilung auf die Elektrizitätsvertheilung gar keinen Einfluß haben. Aber wenn man auch diesen Einwand fallen läßt, und die Abhängigkeit der Anziehungskräfte von der Temperatur als möglich zugiebt, so ist damit doch zur Erklärung einer fortwährenden Bewegung der Elektrizität noch gar nichts gewonnen, denn alsdann würde einfach jeder Theil der Kette so viel Elektrizität zu sich heranziehen, wie seiner augenblicklichen Anziehungskraft entspräche, und würde diese, so lange die Temperaturverhältnisse der Kette dieselben blieben, festhalten. Man kann denselben Schluß auch in folgender Weise aussprechen. Wenn ein Stoff bei verschiedenen Temperaturen verschiedene Anziehungskräfte gegen die Elektrizität besäße, so würden sich zwei verschieden warme Theile desselben Stoffes in dieser Beziehung eben so zu einander verhalten, wie zwei verschiedene Stoffe bei gleicher Temperatur, so dafs auch zwischen ihnen eine elektrische Differenz entstehen müßte. Hiernach würde eine Temperaturverschiedenheit in den Theilen einer thermoelektrischen Kette gerade so wirken, *wie eine vermehrte Stoffverschiedenheit bei gleicher Temperatur*, welche wohl einen veränderten elektrischen Gleichgewichtszustand, aber nie einen dauernden elektrischen Strom zur Folge haben kann.

Anders verhält es sich, wenn man annimmt, dafs die Wärme selbst bei der Bildung der elektrischen Differenzen an den Berührungsstellen wirksam sey. Diese Annahme macht es nicht nur möglich, sondern sogar sehr

wahrscheinlich, daß die Größe der Differenzen von den dort stattfindenden Temperaturen abhängt, und giebt dabei doch durchaus keine Veranlassung zu dem Schlusse, daß auch zwischen den verschiedenen warmen Theilen eines und desselben Stoffes entsprechende elektrische Differenzen entstehen müssen. Man erhält also bei dieser Annahme in der That den eigenthümlichen Fall, daß einerseits die Verschiedenheit der elektrischen Differenzen an den beiden Berührungsstellen es nothwendig macht, daß die Potentialfunction in den verschiedenen Theilen der einzelnen Stoffe *verschiedene* Werthe besitzt, und daß sich andererseits innerhalb jedes einzelnen Stoffes der elektrische Zustand so auszugleichen sucht, daß die Potentialfunction in allen seinen Theilen *denselben* Werth hat. Diese beiden Bedingungen lassen sich durch einen Gleichgewichtszustand nicht gleichzeitig erfüllen, sondern erfordern einen continuirlichen Strom, ganz so, wie es der wirklichen Beobachtung entspricht.

Wir wenden uns nun zu der zweiten der oben erwähnten Erscheinungen, zu der von Peltier entdeckten, an der Berührungsfläche zweier Stoffe durch einen elektrischen Strom verursachten Wärme- oder Kälteerregung. Von dieser Wirkung gilt natürlich dasselbe, was oben von der Veränderung der Potentialfunction gesagt ist, daß sie nicht auf eine mathematische Fläche beschränkt seyn kann, sondern über den körperlichen Raum einer, wenn auch nur sehr dünnen Schicht vertheilt seyn muß. Wir wollen diese Schicht, welche jedenfalls die beiden oben erwähnten elektrischen Schichten und den zwischen ihnen befindlichen Raum in sich begreift, die *Uebergangsschicht* nennen. Zur Erklärung der in dieser Schicht stattfindenden Erzeugung oder Vernichtung von Wärme *muß eine entsprechende, von irgend einer Kraft gethane positive oder negative mechanische Arbeit nachgewiesen werden.*

Bevor ich auf die Betrachtung dieser Arbeit speciell eingehen kann, muß ich zur Verständigung ein Paar allgemeine Bemerkungen über die mechanische Arbeit und

ihren Zusammenhang mit der Kraft vorausschicken. Wenn ein Punkt sich unter dem Einflusse einer Kraft bewegt so nennt man bekanntlich das Product der Weglänge und der in die Richtung des Weges fallenden Kraftcomponente die mechanische Arbeit. Bei dieser Arbeit scheint es mir aber zweckmäfsig, sie so viel wie möglich, und mehr als es gewöhnlich geschieht, *ausdrücklich* auf die bei ihrer Bestimmung berücksichtigte Kraft zu beziehen, denn häufig kommt es vor, dafs auf einen Punkt mehrere Kräfte gleichzeitig wirken, welche man nicht in ihrer gemeinsamen Resultante, sondern einzeln betrachten will, und besonders hat man es bei den durch Maschinen hervorgebrachten Bewegungen fast immer mit zwei verschiedenen Kräften, der treibenden und der widerstehenden, zu thun. In solchen Fällen sind in derselben Bewegung mehrere Arbeitsgröfsen enthalten, welche streng unterschieden werden müssen, und bei denen eine Unbestimmtheit des Ausdruckes leicht zu Verwirrungen führen kann. — Ferner bezeichnet man die Arbeit, jenachdem die Bewegung mit der wirksamen Kraftcomponente gleich- oder ihr entgegengerichtet ist, als *positiv* oder *negativ*. Ich finde aber, dafs es häufig zur bequemerer Verbindung der Arbeit mit der Kraft, und überhaupt zur leichteren Darstellung wünschenswerth ist, diesen Unterschied auch durch das Verbum ausdrücken zu können, und zu diesem Zwecke schlage ich vor, die Arbeit im ersteren Falle eine von der Kraft *gethane*, im letzteren eine von der Kraft *erlittene* zu nennen, so dafs also der Ausdruck »die Kraft erleidet eine Arbeit« so viel bedeutet, als »sie thut eine negative Arbeit.«

Indem wir nun zur Betrachtung der innerhalb der Uebergangsschicht stattfindenden Vorgänge schreiten, wollen wir dabei zunächst wieder von der von Helmholtz ausgesprochenen Annahme ausgehen. Nach dieser wirken auf ein in diesem Raume befindliches Elektricitätstheilchen zwei verschiedene Kräfte, erstens eine rein elektrische Kraft, indem das Theilchen zwischen den beiden elektrischen Schichten von der einen angezogen und von der anderen

abgestoßen wird, und zweitens eine Molecularkraft, indem das Theilchen von den auf beiden Seiten befindlichen verschiedenartigen Molecülen verschieden stark angezogen wird. Wenn sich der Gleichgewichtszustand hergestellt hat, so wirken sich diese beiden Kräfte mit gleicher Stärke entgegen, so daß beim Uebergange des Theilchens eine eben so große Arbeit von der einen erlitten, wie von der anderen gethan werden würde, und daher, wie es auch Helmholtz ausspricht, weder ein Gewinn noch ein Verlust an lebendiger Kraft eintreten könnte. Während eines Stromes dagegen ist die elektrische Kraft ein wenig größer oder kleiner, als die Molecularkraft, so daß das Elektrizitätstheilchen jener oder dieser folgen muß. Man kann dieses Verhältniß am einfachsten dadurch darstellen, daß man die während des Gleichgewichts wirksamen einander gleichen Kräfte auch jetzt ganz unverändert beibehält, außerdem aber noch eine kleine elektrische Kraft als dritte hinzufügt, welche nach der einen oder anderen Seite gerichtet ist, und gerade nur dazu hinreicht, den Leitungswiderstand innerhalb der Uebergangsschicht zu überwinden, und so die Elektrizität in Bewegung zu erhalten. Diese Kraft ist ganz dieselbe, welche bei gleicher Stromstärke auch in jeder mit einem gleichen Leitungswiderstand versehenen Schicht eines homogenen Leiters vorhanden seyn muß, und somit können auch die von ihr gethane Arbeit und erzeugte Wärme keine anderen seyn, als die, welche in einer solchen homogenen Schicht vorkommen, und welche bei der Kleinheit des Leitungswiderstandes einer so dünnen Schicht hier vernachlässigt werden können. Die an der Berührungsstelle stattfindende *eigenthümliche* Erscheinung, welche von Peltier beobachtet ist, bleibt bei dieser Annahme also unerklärt.

Wir wollen nun in gleicher Weise von der anderen Annahme ausgehen, nach der es die Wärme ist, welche innerhalb der Uebergangsschicht die Elektrizität von der einen nach der anderen Seite zu treiben strebt, und dadurch der elektrischen Kraft entgegenwirkt. Während des Gleich-

gewichtszustandes wird dieses Streben von der elektrischen Kraft gerade compensirt; während eines Stromes dagegen ist die letztere, wie vorher erwähnt, etwas vergrößert oder verkleinert und dadurch wird der Uebergang der Elektrizität in der einen oder anderen Richtung veranlaßt. Dabei thut oder erleidet die elektrische Kraft eine gewisse Arbeit, und diese kann nicht durch eine entgegengesetzte Arbeit einer anderen Kraft aufgehoben werden, da unserer Annahme nach keine zweite Kraft vorhanden ist, sondern die Wirkungen, welche man einer solchen zuschreiben zu müssen glaubte, durch die Wärme, also durch eine *Bewegung*, hervorgebracht werden. Demnach muß jene ganze Arbeit eine äquivalente Vermehrung oder Verminderung der lebendigen Kraft zur Folge haben, und daraus erhalten wir, da lebendige Kraft hier nur in der Form von Wärme vorkommt, die von Peltier beobachtete Wärme- oder Kälteerregung.

Ich glaube den ganzen Zustand in der Uebergangsschicht am besten mit dem vergleichen zu können, wenn ein in einer ausdehnensamen Hülle befindliches Quantum Gas durch einen äußeren Druck zusammengehalten wird, während die Wärmebewegung seiner Moleküle es auszudehnen sucht. Wird die äußere Kraft, welche vorher dem Ausdehnungsbestreben der Wärme gerade das Gleichgewicht hielt, ein Wenig vergrößert oder verkleinert, so drückt sie das Gas weiter zusammen oder läßt es sich weiter ausdehnen; dabei thut oder erleidet sie eine gewisse Arbeit, und zugleich wird in dem Gase eine äquivalente Menge Wärme erzeugt oder vernichtet ¹⁾.

- 1) In meinen Aufsätzen über die bewegende Kraft der Wärme, in welchen ich auf dieses Verhalten des Gases etwas näher eingegangen bin, habe ich den positiven und negativen Sinn der Arbeit anders bestimmt, als hier. Indem ich nämlich dort das Ausdehnungsbestreben der Wärme, welches auf die beweglichen Theile der Hülle, z. B. auf einen Stempel, nach Art einer bewegenden Kraft wirkt, als die für uns nützliche Kraft betrachtete, bezog ich die vorkommenden Arbeitsgrößen auf sie, und nicht auf den entgegenwirkenden Druck, und mußte daher eine mit Ueberwindung des Druckes stattfindende Ausdehnung als positive, und

Es hat sich also ergeben, dafs, wenn man an der Berührungsstelle zweier Stoffe eine durch die Wärme verursachte elektrische Differenz annimmt, dann die durch den Strom je nach seiner Richtung erregte Wärme oder Kälte eine nothwendige Folge davon ist. Demgemäfs können wir nun auch umgekehrt die letztere Erscheinung als einen Beweis für das Vorhandenseyn, und zugleich als ein Maafs jener elektrischen Differenz betrachten. Hiermit scheint aber eine andere Thatsache im Widerspruche zu stehen. Da nämlich die Wärme- oder Kälteerregung am stärksten beim Wismuth und Antimon stattfindet, so mufs man schliessen, dafs zwischen diesen beiden Metallen auch die elektrische Differenz am gröfsten ist; elektroskopische Versuche dagegen zeigen zwischen anderen Metallen, wie z. B. Kupfer und Zink, viel gröfsere Differenzen, als zwischen Wismuth und Antimon. Dieser Widerspruch läfst sich auf zwei verschiedene Weisen erklären.

Erstens kann man annehmen, dafs aufser der durch die Wärme verursachten elektrischen Differenz gleichzeitig noch eine andere bestehe, welche in der von Helmholtz angegebenen Weise nur durch die verschiedenen Molecularanziehungen hervorgebracht werde, und dafs diese, wenn sie auch auf die thermoelektrischen Erscheinungen keinen Einflufs übe, doch bei den elektroskopischen Erscheinungen zur vollen Geltung komme, und sich dabei sogar meistens als die gröfsere von beiden erweise. Zweitens kann man

eine Zusammendrückung als negative Arbeit bezeichnen. Dadurch entstand die in mancher Beziehung bequeme Ausdrucksweise, dafs zur Erzeugung von Arbeit Wärme verbraucht werde, und umgekehrt, so dafs die Summe von Wärme und Arbeit constant sey. In meinen Untersuchungen über die Elektrizität dagegen, in welchen es sich nicht um eine von der Wärme selbst ausgeübte bewegende Kraft, sondern nur um die durch andere Kräfte verursachte Vermehrung oder Verminderung der Wärme handelte, mufste ich die Arbeit immer auf diese anderen Kräfte beziehen, und diese Art der Bestimmung habe ich auch im vorliegenden Aufsatze beibehalten. Demgemäfs hat sich natürlich auch die obige Ausdrucksweise dahin ändern müssen, dafs eine positive Arbeit eine Vermehrung und eine negative Arbeit eine Verminderung der lebendigen Kraft oder Wärme zur Folge hat.

annehmen, daß die bei elektroskopischen Versuchen beobachtete Differenz nicht durch die unmittelbare Berührung der beiden untersuchten Stoffe, z. B. des Kupfers und Zinks, entstehe, und überhaupt gar nicht zur Zahl derjenigen Erscheinungen gehöre, welche bei der Berührung von nur Leitern *erster* Klasse eintreten, sondern zur Zahl derer, welche durch die Mitwirkung von Leitern *zweiter* Klasse (d. h. von solchen, die die Elektrizität durch Elektrolyse leiten) veranlaßt werden. Man kann in dieser Beziehung anführen, daß bei einem elektroskopischen Versuche, selbst wenn die untersuchten Metalle mit keinem fremden Körper, wie z. B. mit der Hand, sondern nur unter sich in Berührung gebracht werden, dadurch doch die Mitwirkung fremder Stoffe nicht ganz ausgeschlossen werden könne, denn die Metalle selbst seyen an ihrer Oberfläche von einer Schicht comprimierter Gase und vielleicht auch condensirter Dämpfe bedeckt, welche bei nicht zusammengelötheten, sondern nur zusammengedrückten Metallstücken den wirklich metallischen Contact verhindere, und durch ihr Dazwischentreten die elektroskopischen Erscheinungen wesentlich modificire.

Welche von diesen beiden Erklärungsarten vorzuziehen ist, soll hier nicht erörtert werden, da es für die Untersuchung der thermoelektrischen Ströme und ihrer Wirkungen gleichgültig ist. Für diese genügt es, wenn nur *die durch die Wärme verursachte* elektrische Differenz dem obigen Schlusse gemäß als existirend anerkannt wird, denn nur mit ihr haben wir es hier zu thun, und wenn daher im Folgenden kurz von der elektrischen Differenz die Rede ist, so soll damit immer nur diese eine gemeint seyn, ganz abgesehen davon, ob daneben noch eine andere besteht, oder nicht.

Wenn wir nach diesen allgemeinen Betrachtungen nun für die innerhalb der Uebergangsschicht gethane Arbeit und erzeugte Wärme bestimmte Formeln aufstellen wollen, so können wir dazu genau dieselben Schlüsse anwenden, welche ich in meinem in der Ueberschrift erwähnten Aufsatze in Bezug auf die innerhalb eines homogenen Leiters

stattfindenden Vorgänge auseinandergesetzt habe. Daraus ergibt sich, daß auch in der Uebergangsschicht die beim Durchgange einer gegebenen Elektricitätsmenge gethane Arbeit durch die Zunahme des Potentials dieser Elektricitätsmenge und der freien Elektricität auf einander ausgedrückt wird. Bezeichnen wir daher die während der Zeiteinheit hindurchgehende Elektricitätsmenge mit J , und die Differenz der Werthe der Potentialfunction zu beiden Seiten der Uebergangsschicht, welche wir einfach die elektrische Differenz genannt haben, und zwar in der Weise gerechnet, daß der erste Werth vom zweiten abgezogen wird, wie in Gleichung (1) mit E , so ist die während der Zeiteinheit gethane Arbeit:

$$(2) W = E \cdot J,$$

und dem entsprechend die erzeugte Wärme:

$$(3) H = A \cdot E \cdot J,$$

worin A das Wärmeäquivalent für die Einheit der Arbeit bedeutet.

Da hiernach die Arbeit in den Uebergangsschichten nach demselben Gesetze bestimmt wird, wie in den homogenen Leitern, so kann man die Bestimmung auch gleich für beide zusammen ausführen, und erhält dadurch eine erweiterte Anwendung der schon auf S. 422 u. f. meines früheren Aufsatzes entwickelten Ausdrücke. Sey nämlich ein beliebig gestaltetes Stück eines Leiters gegeben, welches jetzt nicht, wie dort vorausgesetzt wurde, homogen zu seyn braucht, sondern aus mehreren leitenden Stoffen zusammengesetzt seyn kann, so erhält man die während der Zeiteinheit in demselben gethane Arbeit nach jenem Gesetze einfach dadurch, daß man für jedes während der Zeiteinheit hindurchströmende Elektricitätstheilchen, mag es auf seinem Wege aus einem Stoffe in einen anderen übergegangen seyn oder nicht, die Zunahme des Potentials bestimmt, wozu man es nur mit den am Eintritts- und Austrittspunkte stattfindenden Werthen der Potentialfunction zu multipliciren, und dann das erste Product vom zweiten abzuziehen braucht. Sey also $d\omega$ ein Element der das be-

trachtete Leiterstück einschließenden Fläche, V der dort stattfindende Werth der Potentialfunction, und $i d\omega$ die während der Zeiteinheit durch das Element strömende Electricitätsmenge, welche positiv oder negativ zu nehmen ist, je nachdem sie aus dem eingeschlossenen Raume heraus oder in ihn hineinströmt, so ist die in dem Leiterstücke gethane Arbeit:

$$(4) \quad W = \int V i d\omega,$$

worin das Integral über die ganze Fläche ausgedehnt werden muß. Bezeichnet k das Leitungsvermögen des Stoffes, in welchem sich das Flächenelement $d\omega$ befindet, und ist N die auf dem Elemente errichtete Normale, nach Außen hin als positiv gerechnet, so ist:

$$i = k \frac{dV}{dN}$$

und somit:

$$(4_a) \quad W = \int k V \frac{dV}{dN} d\omega.$$

Ebenso ist die in dem Leiterstücke während der Zeiteinheit erzeugte Wärme:

$$(5) \quad H = A \int V i d\omega,$$

$$(5_a) \quad H = A \int k V \frac{dV}{dN} d\omega.$$

Diese Gleichungen unterscheiden sich von den in meinem früheren Aufsätze gegebenen nur dadurch, daß die Gröfse k , welche dort, wo nur Ein Stoff vorkam, constant war, hier in den verschiedenen Stoffen verschiedene Werthe hat, und daher nicht wie dort als einfacher Factor vor das Integralzeichen, sondern unter dasselbe gestellt ist.

Wir wollen nun eine Thermokette im Ganzen betrachten, und dazu zunächst eine solche wählen, die nur aus zwei Metallen besteht. Die Metalle mögen a und b und ihre beide Berührungstellen c und c' heißen. Um die elektrischen Differenzen an diesen Berührungstellen durch einfache Zeichen vollständig darstellen zu können, so daß

daraus nicht nur ihre absolute Gröfse, sondern auch der positive und negative Sinn ersichtlich ist, müssen wir eine bestimmte Stromrichtung als die positive feststellen, und dann die Differenzen an beiden Stellen in derselben Ordnung bilden, z. B. so, wie in der Gleichung (1), dafs der erste Werth der Potentialfunction vom zweiten abgezogen wird. Die in dieser Weise bestimmten Differenzen mögen resp. E und E' heifsen, dann wird die Intensität J des durch sie veranlafsten Stromes nach dem Ohm'schen Gesetze durch den Ausdruck:

$$(6) J = - \frac{E+E'}{L}$$

dargestellt, worin L den Leitungswiderstand der ganzen Kette bedeutet ¹⁾. Die hierin vorkommende negative Summe $-(E+E')$ ist die Gröfse, welche man nach Ohm die elektromotorische Kraft der Kette nennt. Befinden sich beide Berührungstellen in gleicher Temperatur, so sind die Dif-

- 1) Man kann diesen Ausdruck leicht aus dem Theile des Ohm'schen Gesetzes, welcher sich nur auf einen einzelnen homogenen Leiter bezieht, und welchen ich schon in meinem früheren Aufsatz angewandt habe, ableiten. Bezeichnet man nämlich die speciellen Werthe, welche die Potentialfunction dicht neben den beiden Berührungsflächen besitzt, in a mit V_a und V'_a und in b mit V_b und V'_b , und den Leitungswiderstand des Leiters a von der einen Berührungsstelle bis zur anderen mit l_a und ebenso den des Leiters b mit l_b , so erhält man für die Stromstärke in der Richtung $acbc'a$ in beiden Leitern einzeln die Ausdrücke:

$$\text{Stromstärke in } a = \frac{V_a - V'_a}{l_a}$$

$$\text{Stromstärke in } b = \frac{V'_b - V_b}{l_b}.$$

Da diese beiden Stromstärken einander gleich seyn müssen, so folgt:

$$\frac{V_a - V'_a}{l_a} = \frac{V'_b - V_b}{l_b}.$$

Wendet man auf diese Gleichung die beiden Gleichungen an, welche sich unmittelbar aus der Definition von E und E' ergeben, nämlich $V_b - V_a = E$ und $V'_a - V'_b = E'$, und setzt zugleich $l_a + l_b = L$, so kommt in Uebereinstimmung mit (6.):

$$\frac{V_a - V'_a}{l_a} = \frac{V'_b - V_b}{l_b} = - \frac{E+E'}{L}.$$

ferenzen E und E' numerisch gleich, aber von entgegengesetzten Vorzeichen, so daß ihre Summe Null ist; bei verschiedenen Temperaturen dagegen können wir dem Obigen nach auch jene Differenzen als verschieden betrachten, und erhalten daher, wie es nach der Gleichung seyn muß, wenn ein Strom entstehen soll, eine Summe von angebbarer Gröfse.

Aus der Gleichung (6) ergeben sich auch sofort die Ausdrücke für die in den verschiedenen Theilen der Kette gethane Arbeit und erzeugte Wärme. Bei den Uebergangsschichten brauchen wir nur in die Gleichung (2) für J seinen Werth zu setzen, und in Bezug auf die homogenen Theile a und b wenden wir den experimentell bekannten und in meinem früheren Aufsätze auch theoretisch entwickelten Satz an, daß die in einem Leiter während der Zeiteinheit gethane Arbeit durch das Product aus dem Leitungswiderstände in das Quadrat der Stromstärke ausgedrückt wird. Hierdurch erhalten wir folgende drei Arbeitsgrößen:

$$(7) \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{in der Uebergangsschicht bei } c \quad - E \cdot \frac{E+E'}{L} \\ \text{in der Uebergangsschicht bei } c' \quad - E' \cdot \frac{E+E'}{L} \\ \text{in den homogenen Leitern } a \text{ und } b \quad \frac{(E+E')^2}{L} \end{array} \right.$$

und dieselben Ausdrücke stellen auch, wenn sie alle noch mit dem Wärmeäquivalente für die Einheit der Arbeit A multiplicirt werden, die in den entsprechenden Räumen erzeugten Wärmemengen dar.

Die Summe der beiden ersten Ausdrücke ist stets negativ, indem sie sich in einen Bruch zusammenziehen läßt, dessen Zähler ein negatives Quadrat ist, und dessen Nenner seiner Bedeutung nach nur positiv seyn kann. Dieses Resultat liefs sich auch unmittelbar aus der blofsen Betrachtung der Gleichung (6) schliessen. Darin erkennt man nämlich aus dem auf der rechten Seite stehenden Minuszeichen, daß der Strom immer diejenige Richtung annimmt, in wel-

cher die Summe der beiden elektrischen Differenzen negativ, und welche somit den in den Uebergangsschichten wirksamen elektrischen Kräften, wenn beide in Eine zusammengefaßt werden, entgegengesetzt ist. Diese scheinbar unnatürliche Bewegung der Elektrizität, bei welcher die elektrischen Kräfte eine Arbeit *erleiden*, wird, wie oben erwähnt, durch die Wärme hervorgerufen. — Der letzte Ausdruck erweist sich durch seine quadratische Form sogleich als wesentlich positiv, und dieses entspricht auch der Natur der Sache, denn in den homogenen Leitern hat die elektrische Kraft nur den Leitungswiderstand zu überwinden, welcher einer Reibung zu vergleichen ist, und daher keine der elektrischen Kraft entgegengesetzte Bewegung veranlassen kann.

Bildet man die Summe aller drei Ausdrücke, so erhält man gerade Null, und dasselbe gilt natürlich auch in Bezug auf die Ausdrücke für die Wärmemengen. Die Richtigkeit dieses Schlusses läßt sich ebenfalls leicht übersehen, da man auch zu ihm auf kürzerem Wege gelangen kann. Es ist dazu nicht nöthig, die in den verschiedenen Theilen der Kette stattfindenden Vorgänge einzeln zu betrachten, sondern es braucht nur der Grundsatz über die Aequivalenz von Wärme und Arbeit auf die Kette im Ganzen angewandt zu werden, und auf diese Weise ist derselbe Schlufs, obwohl nicht gerade in derselben Form, auch schon von Helmholtz ¹⁾ und W. Thomson ²⁾ abgeleitet worden, um als Grundlage für weitere Entwicklungen zu dienen. Wenn nämlich die elektrische Kraft während einer gegebenen Zeit innerhalb der Kette im Ganzen eine gewisse Arbeit thun oder erleiden sollte, so könnte dieses nur durch eine veränderte Anordnung der Elektrizität geschehen,

1) Ueber die Erhaltung der Kraft S. 59.

2) *On a Mechanical Theory of Thermo-Electric Currents. Phil. Mag. S. 4, Vol. 3. p. 529.* Dieser Aufsatz ist nur ein Auszug einer in der *Edinburger R. Soc.* gelesenen Abhandlung, welche aber, so viel ich weiß, bis jetzt nicht vollständig veröffentlicht ist.

schehen, und jede solche Aenderung ist durch die Annahme, daß der Strom stationär sey, ausgeschlossen. Somit müssen die in den verschiedenen Theilen der Kette vorkommenden Arbeitsgrößen sich gerade gegenseitig aufheben. Da ferner der Annahme nach der Strom nicht inducirend nach Außen wirkt, sondern seine ganze Wirkung auf die Kette selbst beschränkt bleibt, und auch in dieser nirgends eine Veränderung mechanischer oder chemischer Natur vorkommen soll, so daß nur die in den einzelnen Theilen befindlichen Wärmemengen veränderlich sind, so muß jede von der elektrischen Kraft gethane oder erlittene Arbeit eine entsprechende Menge erzeugter oder vernichteter Wärme zur Folge haben, und diese Wärmemengen müssen sich daher ebenso, wie jene Arbeitsgrößen, aufheben. Dieses letztere läßt sich auch kurz so aussprechen. Der Strom selbst wird durch die Wärme hervorgebracht, wobei Wärme verbraucht wird, und seine Wirkung besteht wiederum nur in Erzeugung von Wärme, folglich muß, da im Ganzen unter solchen Umständen weder ein Gewinn noch ein Verlust an Wärme stattfinden kann, diese erzeugte Wärme gleich jener verbrauchten seyn.

Wir können diejenigen Theile der Thermokette, in welchen die Wärme selbst thätig ist, indem sie entweder die Elektrizität nach einer bestimmten Richtung treibt, oder der vorhandenen Bewegung widerstrebt, also in unserem bisher betrachteten einfachen Falle die beiden Uebergangsschichten bei c und c' , mit jeder vollkommenen durch Wärme getriebenen Maschine vergleichen. Wie durch die Maschine z. B. ein Gewicht gehoben, also der Schwerkraft entgegen bewegt werden kann, wobei die Schwerkraft eine Arbeit erleidet, so wird hier die Elektrizität zu einer Bewegung gezwungen, welche der elektrischen Kraft entgegengerichtet ist, und bei der diese daher eine Arbeit erleidet. Wie man ferner dort das gehobene Gewicht nachher wieder sinken, und somit der Schwerkraft folgen lassen kann, wobei diese eine Arbeit thut, die der vorher erlittenen genau gleich ist, und welche man zur Hervorbringung verschiedener Wir-

kungen benutzen kann, so strömt auch hier die Elektrizität wieder zurück, indem sie innerhalb der homogenen Leiter der elektrischen Kraft folgt, und die von dieser dabei gethane Arbeit kann ebenfalls zu verschiedenen Wirkungen benutzt werden, da man ja aus den elektrischen Strömen eine mechanische Triebkraft gewinnen kann. Wenn wir, um die Uebereinstimmung noch vollständiger zu machen, auch die beschränkenden Bedingungen, denen wir die Wirkungen des Stromes im Vorigen unterworfen haben, in entsprechender Weise bei der Maschine einführen wollen, so müssen wir annehmen, daß die ganze Arbeit der Maschine nur zur Ueberwindung von Reibung benutzt werde. In diesem Falle wird durch die Reibung gerade so viel Wärme erzeugt, wie in der Maschine selbst verbraucht wird, und betrachten wir daher, um ein mit der ganzen Thermokette vergleichbares System zu erhalten, die sich reibenden Körper als mit der Maschine zusammengehörig, so findet in diesem Systeme ebenfalls weder ein Gewinn noch ein Verlust an Wärme statt.

Im Vorstehenden ist bei der mechanischen Arbeit immer nur die damit verbundene *Erzeugung* oder *Vernichtung* von Wärme betrachtet. Nun findet aber in allen Fällen, wo durch die Wärme irgend eine Kraft eine Arbeit erleidet, und wo zugleich der Vorgang so geleitet ist, daß der Körper, welcher diese Wirkung vermittelt, sich am Schlusse der Operation wieder in demselben Zustande, wie zu Anfange, befindet, außer der Veränderung der Quantität der im Ganzen vorhandenen Wärme, auch ein *Uebergang von Wärme von einem warmen zu einem kalten Körper* statt, und dieser Uebergang steht ebenfalls zur Gröfse der Arbeit in einer bestimmten Beziehung, welche durch das Carnot'sche Gesetz ausgedrückt wird. Das führt natürlich auf den Gedanken, daß dieses Gesetz auch auf die thermoelektrischen Erscheinung Anwendung finde, und uns in ähnlicher Weise, wie bei den Gasen und Dämpfen, zu weiteren Schlüssen über diese Erscheinungen dienen könne. Von diesem Gesichtspunkte aus ist die Thermokette zuerst von

Thomson in dem oben erwähnten Aufsätze betrachtet, wo er eine allgemeine Gleichung mittheilt, welche das Carnot'sche Gesetz für jede noch so complicirte Kette ausdrückt. Dabei sagt er aber, daß über die Anwendbarkeit des Gesetzes hier noch eine gewisse Unsicherheit herrsche, indem sich der bei einem thermoelektrischen Strome stattfindende Vorgang nicht, wie es zum Beweise nöthig sey, vollständig umkehren lasse. Die Erörterung der Frage, ob und in welcher Weise auch für die Thermokette ein strenger Beweis des Carnot'schen Satzes möglich sey, würde hier ziemlich weitläufig werden. Nachdem aber oben auseinandergesetzt ist, daß die Wirkung, welche die Wärme in den Uebergangsschichten auf die Elektricität ausübt, mit ihren *mechanischen* Wirkungen, wie z. B. bei der Ausdehnung eines Gases, im Wesentlichen von ganz gleicher Natur ist, glaube ich, daß auch ohne einen für diesen Fall speciell geführten Beweis kaum ein Zweifel daran obwalten kann, daß er ebenfalls jenem sonst allgemein gültigen Gesetze unterworfen ist. Auch die Erfahrung scheint mir überall, wo die Erscheinungen zu einem bestimmten Schlusse vollständig genug bekannt sind, dafür zu sprechen.

In der letzteren Beziehung wollen wir zunächst die allgemeinere Frage stellen, ob sich in der Thermokette überhaupt ein Wärmetübergang von einem warmen zu einem kalten Körper nachweisen läßt. Wir betrachten dabei wieder, wie bisher, die aus nur zwei homogenen Stoffen bestehende Kette, bei welcher die Wärme nur in den beiden Uebergangsschichten thätig ist. Oben wurde gezeigt, daß der Ausdruck für die in beiden Schichten zusammen erzeugte Wärme negativ ist; daraus darf man aber nicht denselben Schlufs für jede Schicht einzeln ziehen, sondern man kann vielmehr, wenigstens für geringe Temperaturintervalle, im Voraus als Regel annehmen, daß die beiden einzelnen Ausdrücke von entgegengesetzten Vorzeichen sind. Bei gleichen Temperaturen sind nämlich die elektrischen Differenzen an beiden Berührungsstellen gleich und ent-

gegengesetzt; wenn sich nun die Temperatur der einen Stelle ändert, so ändert sich auch ihre elektrische Differenz, da diese Aenderung aber stetig vor sich geht, so kann sie wenigstens nicht gleich anfänglich eine Umkehrung des Vorzeichens bewirken, und so lange dieses nicht geschieht, behalten die elektrischen Differenzen, und mit ihnen natürlich auch die entsprechenden Arbeitsgrößen und Wärmemengen entgegengesetzte Vorzeichen. Dieses Verhalten wollen wir daher auch in der von uns betrachteten Thermokette voraussetzen, indem wir die bei großen Temperaturunterschieden zuweilen vorkommenden Abweichungen, von denen später die Rede seyn wird, für jetzt unberücksichtigt lassen. Da der Zustand der ganzen Kette der Annahme nach stationär seyn soll, und somit die an den beiden Berührungsstellen stattfindenden Temperaturen, welche t und t' heißen mögen, constant seyn müssen, so denken wir uns dieses dadurch bewirkt, daß die beiden Berührungsstellen mit zwei Körpern in Verbindung gesetzt sind, welche bleibend auf den Temperaturen t und t' erhalten werden, und von denen der eine seiner Berührungsstelle die vernichtete Wärme wieder ersetzt, der andere der seinigen die erzeugte Wärme entzieht. Dadurch erfährt der eine Körper einen Verlust, der andere einen Gewinn an Wärme, und wir erhalten somit wirklich einen durch die Thermokette vermittelten Uebergang von Wärme von einem Körper zu einem anderen.

Es fragt sich nun noch, ob dieser Uebergang auch der Bedingung genüge, daß er vom warmen zum kalten Körper, und nicht etwa in umgekehrter Richtung geschieht. Betrachten wir in dieser Beziehung die beiden Stoffe, deren thermoelektrische Wirkungen am meisten experimentell untersucht sind, und bei denen die Entscheidung daher am sichersten ist, nämlich Wismuth und Antimon, so ergiebt sich in der That das erstere, denn bei einer aus diesen Stoffen zusammengesetzten Kette geht der Strom an der warmen Berührungsstelle vom Wismuth zum Antimon, und an der kalten vom Antimon zum Wismuth, und anderer-

seits weiß man, daß ein durch die Berührungsstellen gehender Strom bei der ersteren Richtung Wärme vernichtet, und bei der letzteren Wärme erzeugt. Demnach erfährt, wie es seyn muß, der wärmere Körper den Verlust und der kältere den Gewinn an Wärme, und in ähnlicher Weise stellt sich die Uebereinstimmung auch bei den anderen bisjetzt untersuchten Stoffen heraus. Man sieht leicht, wie durch dieses Resultat die oben durchgeführte Analogie zwischen der Thermokette und einer durch die Wärme getriebenen Maschine noch vervollständigt wird, denn offenbar entspricht die warm gehaltene Berührungsstelle dem geheizten Theile der Maschine, und die kalt gehaltene dem Condensator der Dampfmaschine oder dem Abkühler der durch warme Luft getriebenen Maschine.

Nachdem so das Vorhandenseyn des Wärmetüberganges nachgewiesen ist, wollen wir das Carnot'sche Gesetz auf denselben anwenden. Nehmen wir dazu an, daß die bei den Temperaturen t und t' nur um unendlich Wenig von einander verschieden seyen, so daß wir $t' = t + dt$ setzen können, so erhalten wir zwischen der Arbeit, welche die elektrische Kraft in beiden Uebergangsschichten zusammen während einer Zeiteinheit erlitten hat, und der dabei übergegangenen Wärmemenge nach diesem Gesetze folgende Relation:

$$(8) \quad \frac{\text{die erlittene Arbeit}}{\text{die übergegangene Wärme}} = \frac{dt}{C},$$

worin C eine für allemal bestimmte Temperaturfunction, die sogenannte Carnot'sche Function ist. In einem Aufsatze über die bewegende Kraft der Wärme habe ich nachgewiesen, daß, wenn man für die permanenten Gase eine Annahme macht, welche nach den dort angeführten Gründen wahrscheinlich in demselben Grade richtig ist, wie das Mariotte'sche und Gay-Lussac'sche Gesetz, man diese Function näher bestimmen kann, und dabei folgende sehr einfache Formel erhält:

$$(9) \quad C = A(a + t),$$

worin t die vom Gefrierpunkte ab nach Cent. Graden ge-

zählte Temperatur und α nahe $= 273^\circ$ ist, während A , wie gewöhnlich, das Wärmeäquivalent für die Einheit der Arbeit bedeutet ¹⁾. Hierdurch geht (8) über in:

$$(8_a) \quad \frac{\text{die erlittene Arbeit}}{\text{die übergegangene Wärme}} = \frac{dt}{A(\alpha + t)}.$$

Die in den beiden Uebergangsschichten zusammen während der Zeiteinheit erlittene Arbeit wird durch die schon oben besprochene Summe der beiden ersten von den unter (7) angeführten Ausdrücken dargestellt, bei welcher hier das Minuszeichen fortfällt, weil in dieser Relation eben die *erlittene Arbeit* als solche positiv gerechnet wird. Es kommt also:

$$\text{die erlittene Arbeit} = \frac{(E + E')^2}{L}.$$

- 1) S. diese Ann. Bd. 79, S. 392. Die Annahme besteht darin, *dafs ein permanentes Gas, wenn es sich bei constanter Temperatur ausdehnt, nur so viel Wärme verschluckt, wie zu der äufseren Arbeit, die es dabei leistet, verbraucht wird.* Eben dieses haben auch schon früher andere Autoren ohne weitere Begründung, als sich von selbst verstehend, bei ihren Untersuchungen vorausgesetzt. Dagegen stimmt W. Thomson in seinem auf denselben Gegenstand bezüglichen Aufsatz (*Transact. of the R. Soc. of Edinb. Vol. XX, Part II, p. 261* und Krönig's Journ. für Phys. des Auslandes III, 233) in welchem er sich im Uebrigen meiner Auffassung des Carnot'schen Gesetzes anschliesst, dieser Annahme nicht bei, sondern hält statt ihrer eine andere, früher von ihm zur Bestimmung der Carnot'schen Function benutzte Annahme, nämlich die, *dafs die Dämpfe im Maximum ihrer Dichtigkeit dem Mariotte'schen und Gay-Lussac'schen Gesetze folgen*, fest, indem er sagt, *dafs zwischen beiden Annahmen erst durch experimentelle Untersuchungen entschieden werden müßte.* Diese Entscheidung ist jetzt durch die neueren Untersuchungen von Regnault (*Compt. rend. T. XXXVI, p. 676* und diese Ann. Bd. 89, S. 335) erfolgt. Ich habe nämlich aus meiner Annahme einen Schluss gezogen, welcher nach Thomson's Annahme nicht möglich seyn würde, nämlich, *dafs die specifische Wärme der permanenten Gase vom Drucke unabhängig sey* (s. diese Ann. Bd. 79, S. 393) und dieser Schluss ist durch Regnault's Messungen bestätigt, und dasselbe ist auch mit einem anderen, dort aus ähnlichen Gründen von mir gethanen Ausspruche, *dafs jene specifische Wärme wahrscheinlich auch von der Temperatur unabhängig sey*, geschehen. Hiernach glaube ich meine Annahme mit um so gröfserer Sicherheit auch ferner beibehalten zu können.

Da die absoluten Werthe von E und E' die zu den Temperaturen t und $t+dt$ gehörigen Werthe einer und derselben Function sind, das Vorzeichen aber bei beiden entgegengesetzt genommen werden muß, so kann man schreiben:

$$E' = - \left(E + \frac{dE}{dt} dt \right)$$

und somit:

$$(10) \quad E + E' = - \frac{dE}{dt} dt,$$

und dadurch erhält man:

$$(11) \quad \text{die erlittene Arbeit} = \frac{1}{L} \left(\frac{dE}{dt} \right)^2 dt^2.$$

Die übergegangene Wärme oder, was dasselbe ist, die an der kälteren Berührungsstelle erzeugte Wärme wird dargestellt durch den ersten der Ausdrücke (7), nachdem er mit A multiplicirt ist, also:

$$\text{die übergegangene Wärme} = - A E \frac{E+E'}{L},$$

oder, wenn man hierauf wieder die Gleichung (10) anwendet:

$$(12) \quad \text{die übergegangene Wärme} = \frac{A}{L} E \frac{dE}{dt} dt.$$

Durch Einsetzung der Ausdrücke (11) und (12) in die Gleichung (8) resp. (8_a) erhält man:

$$(13) \quad \frac{dE}{E} = \frac{A dt}{C}$$

$$(13_a) \quad = \frac{dt}{a+t},$$

und hieraus folgt durch Integration:

$$(14) \quad E = \varepsilon \cdot e^{\int \frac{A dt'}{C}}$$

$$(14_a) \quad = \varepsilon (a+t),$$

- 1) Denselben Ausdruck hat auch Thomson entwickelt, freilich nicht für die in diesem Aufsätze angenommene elektrische Differenz, sondern für die an der Berührungsstelle durch einen Strom erregte Wärme oder Kälte, welche indessen nach den obigen Auseinandersetzungen der elektrischen Differenz proportional ist.

worin ε eine von der Natur der beiden sich berührenden Stoffe abhängige Constante, und e das gewöhnliche Zeichen für die Basis der natürlichen Logarithmen ist.

Auf diese Weise erhält man also für die bei den verschiedenen Combinationen von je zwei Stoffen vorkommenden elektrischen Differenzen in Bezug auf ihre Veränderlichkeit mit der Temperatur ein gemeinschaftliches Gesetz, nämlich *dafs sie sich alle nach einer und derselben Temperaturfunction ändern*, und wenn man auch die bestimmtere Gleichung (14.) als richtig anerkennt, so hat diese Temperaturfunction sogar eine möglichst einfache Form, und das Gesetz läfst sich dann dahin aussprechen, *dafs jede elektrische Differenz sich mit der von -273° C. an gezählten Temperatur proportional ändert*.

Vergleicht man dieses Resultat mit der Erfahrung, so findet man in mehrfacher Beziehung eine unzweifelhafte Uebereinstimmung. Wenn eine aus mehreren Stoffen a, b, c, \dots, h zusammengesetzte Kette gegeben ist, und man bezeichnet die elektrischen Differenzen an den Berührungsstellen der Reihe nach mit $E_{ab}, E_{bc}, \dots, E_{ha}$, und den ganzen Leitungswiderstand mit L , so erhält man für die Stromintensität in der Richtung $abc\dots ha$ der Gleichung (6) entsprechend den Ausdruck:

$$(15.) \quad J = - \frac{E_{ab} + E_{bc} + \dots + E_{ha}}{L}.$$

Befindet sich die ganze Kette in gleicher Temperatur, so entsteht kein Strom, und es mufs also in diesem Falle

$$(16.) \quad E_{ab} + E_{bc} + \dots + E_{ha} = 0$$

seyn. Wenn sich nun die Temperatur der ganzen Kette gleichmäfsig ändert, so ändern sich dabei auch alle einzelnen elektrischen Differenzen; da aber von jeder neuen Temperatur dasselbe gilt, wie von der ursprünglichen, dafs kein Strom entsteht, so folgt *dafs die Aenderung der verschiedenen elektrischen Differenzen in der Art geschehen mufs, dafs die Gleichung (16.) immer richtig bleibt*. Diese Bedingung wird schon durch die blofse Form des in (14.)

gegebenen Ausdruckes, ohne dafs man die mit dem constanten Factor multiplicirte Temperaturfunction selbst zu

kennen braucht, erfüllt. Setzt man nämlich statt $e^{\int \frac{A dt}{C}}$ allgemein $\varphi(t)$, und bezeichnet die zu $E_{ab}, E_{bc}, \dots, E_{kn}$ gehörigen constanten Factoren resp. mit $\varepsilon_{ab}, \varepsilon_{bc}, \dots, \varepsilon_{kn}$, so geht die Gleichung (16.) über in die folgende:

$$(17.) \quad (\varepsilon_{ab} + \varepsilon_{bc} + \dots + \varepsilon_{kn}) \varphi(t) = 0,$$

und wenn diese Gleichung für irgend eine Temperatur richtig ist, ohne dafs dazu $\varphi(t) = 0$ gesetzt werden mufs, so bleibt sie es auch für alle anderen Temperaturen.

Die folgenden Vergleichen beziehen sich auf die Temperaturfunction selbst, und ich werde dabei von den Gleichungen (14.) und (14_a) der Einfachheit wegen immer die letztere anwenden, denn wenn die Function C auch wirklich von $A(a+t)$ verschieden seyn sollte, so kann der Unterschied doch keinesfalls so bedeutend seyn, dafs er hier, wo nicht eine numerisch genaue, sondern nur eine angenäherte Uebereinstimmung nachgewiesen werden soll, in Betracht käme. Aus dieser Gleichung lassen sich folgende einzelne Schlüsse ableiten, welche mir zur Vergleichung mit der Erfahrung geeignet zu seyn scheinen.

1) Nach (14_a.) nehmen die elektrischen Differenzen bei wachsender Temperatur zu und nicht ab. Um die Richtigkeit dieses Schlusses zu prüfen, müssen wir uns erinnern, dafs der Strom immer die Richtung wählt, in welcher die Summe der elektrischen Differenzen negativ ist, also für den Fall, wo nur zwei Differenzen vorkommen, die Richtung, in welcher die gröfsere von ihnen negativ ist. Es braucht also zum Beweise, dafs die elektrische Differenz an der wärmeren Berührungsstelle die gröfsere ist, nur gezeigt zu werden, dafs sie in Bezug auf die Stromrichtung die negative ist, und dieses ist schon oben geschehen, indem aus der Erfahrung nachgewiesen ist, dafs an der wärmeren Berührungsstelle eine Vernichtung von Wärme stattfindet.

2) Nach (14_a.) sind die Aenderungen jeder elektrischen Differenz den entsprechenden Temperaturänderungen proportional. Hiernach muß bei jeder aus zwei homogenen Stoffen zusammengesetzten Thermokette die elektromotorische Kraft ¹⁾ dem an beiden Berührungsstellen angewandten Temperaturunterschiede proportional seyn, und dieses kann allerdings für nicht zu große Temperaturunterschiede im Allgemeinen als Regel bezeichnet werden.

3) Nach (14_a.) müssen diejenigen elektrischen Differenzen, deren Zunahme mit der Temperatur am größten ist, auch ihren ganzen Werthen nach die größten seyn. Nennen wir nämlich bei zwei verschiedenen Combinationen von je zwei Stoffen die elektrischen Differenzen E_1 und E_2 , und die dazugehörigen constanten Factoren ε_1 und ε_2 , so ist:

$$E_1 = \varepsilon_1(a+t) \text{ und } E_2 = \varepsilon_2(a+t),$$

woraus für irgend eine bestimmte Temperatur folgt:

$$E_1 : E_2 = \varepsilon_1 : \varepsilon_2;$$

zugleich ist:

$$\frac{dE_1}{dt} = \varepsilon_1 \text{ und } \frac{dE_2}{dt} = \varepsilon_2,$$

und es kommt also:

$$(18.) \quad E_1 : E_2 = \frac{dE_1}{dt} : \frac{dE_2}{dt}.$$

Auch dieser Schlufs bestätigt sich, indem diejenigen Stoffcombinationen, welche bei einem bestimmten Temperaturunterschiede die stärksten Ströme geben, wie z. B. die von Wismuth und Antimon, sich auch dadurch auszeichnen, daß ein durch ihre Berührungsstelle gehender Strom dort am meisten Wärme erzeugt oder vernichtet, wobei die erstere Eigenschaft auf einen großen Werth des Differentialcoefficienten $\frac{dE}{dt}$, und die letztere auf einen großen Werth der Function E selbst schließen läßt.

1) Man darf hier statt der elektromotorischen Kraft nicht ohne Weiteres die Stromstärke setzen, weil die letztere auch vom Leitungswiderstande abhängt, welcher sich mit der Temperatur ändert.

Diese Bestätigungen, in Verbindung mit der sonstigen Zuverlässigkeit des Carnot'schen Gesetzes, lassen wohl keinen Zweifel daran, daß der in der Gleichung (14) resp. (14_a) gegebene Ausdruck nicht bloß, wie eine empirische Formel, innerhalb gewisser Gränzen eine äußerliche, vielleicht zufällige Aehnlichkeit mit dem Verhalten der elektrischen Differenzen zeigt, sondern daß er in der Natur der Sache selbst begründet ist. Dessen ungeachtet stellt er allein die Erscheinungen noch nicht mit voller Genauigkeit dar, vielmehr findet man bei näherer Untersuchung derselben, besonders in den Fällen, wo hohe Temperaturen vorkommen, erhebliche Abweichungen, welche zeigen, daß bei der Hervorbringung dieser Erscheinungen noch Nebenumstände mitwirken müssen, die bei der Ableitung des Ausdruckes nicht berücksichtigt sind. Am deutlichsten tritt dieses bei einer aus Eisen und Kupfer bestehenden Thermokette hervor, welche bekanntlich bei allmählig fortschreitender Erwärmung der einen Berührungsstelle statt beständiger Zunahme des Stromes von einer gewissen Temperatur an eine Abnahme, und bei der Glühbitze sogar eine Umkehrung des Stromes zeigt.

Aus diesen Abweichungen hat Thomson¹⁾ den Schluss gezogen, daß jene von Peltier entdeckten thermischen Wirkungen des Stromes, deren Eigenthümlichkeit hauptsächlich darin besteht, daß sie bei entgegengesetzten Strömen ebenfalls von entgegengesetzter Art sind, nicht bloß an den Berührungsstellen verschiedener Stoffe stattfinden, sondern *»daß ein elektrischer Strom verschiedene thermische Wirkungen hervorbringt, je nachdem er von warm zu kalt, oder von kalt zu warm in demselben Metalle geht.«* Nach der Erklärung, welche oben von den thermischen Wirkungen an den Berührungsstellen gegeben wurde, müssen wir diesen Schluss dahin deuten, daß auch im Innern eines und desselben Metalls, wenn seine verschiedenen Theile sich in verschiedenen Temperaturen befinden, *die Wärme das Bestreben hat, die Elektrizität nach einer bestimmten Richtung*

1) *Phil. Mag.* S. 4, V. 3, p. 529.

zu treiben, und dafs daher, wenn der Gleichgewichtszustand eingetreten ist, *die Potentialfunction in dem Metalle nicht überall gleich ist, sondern dafs auch zwischen den verschiedenen Theilen desselben Metalles elektrische Differenzen stattfinden.*

Sofern hierin nur ausgedrückt seyn soll, *dafs überhaupt elektrische Differenzen im Innern einzelner Metalle als Wirkungen der Temperaturverschiedenheit vorkommen*, halte auch ich den Schluss für vollkommen gerechtfertigt, denn er ist in der That das einzige Mittel, das Carnot'sche Gesetz aufrecht zu erhalten. Wollte man z. B. bei der Eisen-Kupferkette die Entstehung des Stromes nur aus den beiden an den Berührungsstellen stattfindenden elektrischen Differenzen erklären, so müfste man schliessen, dafs bei der Temperatur, bei welcher die Umkehrung des Stromes eintritt, die elektrische Differenz an der warmen Berührungsstelle gerade wieder gleich der an der kalten geworden wäre, und sich so auf dem Durchgangspunkte aus einem gröfseren in einen kleineren, oder aus einem kleineren in einen gröfseren Werth befände. Bei dieser Aenderung ihres Werthes würde natürlich ihr Vorzeichen zunächst ungeändert bleiben, und es müfsten sich daher bei der Umkehrung des Stromes auch seine thermischen Wirkungen an den beiden Berührungsstellen in die entgegengesetzten verwandeln, so dafs, wenn vorher Wärme von einem warmen zu einem kalten Körper überging, nun der umgekehrte Uebergang einträte, was dem Carnot'schen Gesetze direct widerspricht. Man ist also zu der Annahme genöthigt, dafs auch im Innern der beiden verbundenen Metalle, oder Eines derselben, elektrische Differenzen entstanden seyen, welche als elektromotorische Kräfte zur Hervorbringung des Stromes mitwirken, und hat zugleich durch die Bedingung, dafs das Carnot'sche Gesetz immer erfüllt bleiben mufs, ein Mittel über das Verhältnifs, in welchem diese verschiedenen Differenzen zu einander stehen müssen, wenigstens Einiges zu schliessen.

Damit ist aber nicht gesagt, *dafs jede Temperaturver-*

schiedenheit schon als solche nothwendig von einer elektrischen Differenz begleitet seyn müsse, sondern ich glaube, dafs es zur Erklärung jener Abweichungen, soweit sie bis jetzt beobachtet sind, hinreicht, wenn man die im Innern eines Metalles entstehende elektrische Differenz nur als eine secundäre Wirkung der Temperaturverschiedenheit betrachtet, welche dann eintritt, wenn durch die Temperaturänderung des einen Theiles eine Aenderung seines Molecularzustandes veranlaßt ist, so dafs der veränderte und der unveränderte Theil desselben Metalles sich wie verschiedene Metalle zu einander verhalten.

Dafs dergleichen Aenderungen in bedeutendem Maafse stattfinden, läfst sich in manchen Fällen mit ziemlicher Sicherheit nachweisen, und es möge als ein Beispiel der Art hier der Stahl betrachtet werden, bei welchem die Wirkungen der Wärme besonders auffällig sind. Harter und weicher Stahl stehen sich in den bedeutendsten Eigenschaften, wie Härte, Elasticität und Sprödigkeit, so fern, wie zwei ganz verschiedene Metalle, und es ist bekannt, dafs bei ihrer Berührung auch eine elektrische Differenz entsteht, indem sich aus ihnen eine wirksame Thermokette, und durch mehrfache Wiederholung eine ziemlich kräftige Thermosäule bilden läfst. Da dieser ganze Unterschied seine Ursache nur in der gröfseren oder geringeren Geschwindigkeit der Abkühlung hat, so mufs man annehmen, dafs die bei höherer Temperatur stattfindende Art der Verbindung des Eisens mit der Kohle, und der damit zusammenhängende Molecularzustand der ganzen Masse sich bei der Abkühlung zu ändern sucht, dafs diese Aenderung aber einiger Zeit bedarf, und daher durch die Schnelligkeit der Abkühlung ganz oder theilweise verhindert werden kann, während sie bei langsamer Abkühlung wirklich eintritt. In Uebereinstimmung hiermit kann man aus der Verschiedenheit, welche man zwischen langsam und schnell gekühltem Stahle beobachtet, auf eine entsprechende Verschiedenheit zwischen langsam gekühltem und heifsem Stahle schliessen,

und denselben Schlufs hat auch Seebeck aus seinen thermoelektrischen Versuchen gezogen ¹⁾).

Für das häufige Vorkommen und den elektrischen Einflufs solcher Verschiedenheiten des Molecularzustandes sprechen ferner alle thermoelektrischen Ströme, welche man bei Anwendung eines einzigen Metalles erhält, wenn man einzelne Stellen desselben erwärmt. Besonders stark sind diese bei solchen Metallen, die ein deutlich ausgeprägtes krystallinisches Gefüge zeigen. So beobachtete Seebeck ²⁾ z. B. bei einem im Ganzen gegossenen Ringe aus Antimon, dafs er sich gerade so verhielt, als ob er aus zwei verschiedenen Metallen bestände, deren Gränzen sich genau feststellen liefsen. Als später der Ring zerbrochen wurde, fand sich, dafs der eine Theil sternförmig krystallisirt war, während der andere ein feinkörniges Gefüge besafs, und eine weitere Untersuchung des Gegenstandes ergab als Ursache dieses Unterschiedes die verschiedene Erkaltungsgeschwindigkeit der beiden Theile. Für dehnbare Metalle ist in neuerer Zeit Magnus durch sorgfältige experimentelle Untersuchungen ³⁾ ebenfalls zu dem Resultate gelangt, dafs die in einem einzigen Metalle entstehenden Ströme ihren Grund in dem verschiedenen Zustande seiner Theile, besonders in der verschiedenen Härte haben. Da demnach durch verschiedene Behandlung in den Theilen eines Metalles bleibend ein solcher Unterschied des Zustandes entstehen kann, dafs sie sich in Bezug auf die Bildung von thermoelektrischen Strömen wie verschiedene Metalle verhalten, so ist es wohl keine unwahrscheinliche Annahme, dafs auch durch Temperaturverschiedenheit vorübergehend ein solcher Unterschied hervorgerufen werden könne.

Wenn nun in einer Thermokette dieser Fall eintritt,

- 1) Ueber die magnetische Polarisation der Metalle und Erze durch Temperatur-Differenz, von Dr. T. J. Seebeck, Denkschr. der Berliner Akad. für 1822 u. 23, und diese Ann. Bd. 6, §. 47.
- 2) a. a. O. §. 46.
- 3) Denkschriften der Berliner Akad. für 1851, und diese Ann. Bd. 83, S. 469.

dafs ein Theil des einen Metalles seinen Molecularzustand ändert, so entsteht dabei erstens, wie erwähnt, zwischen diesem veränderten und dem unveränderten Theile desselben Metalles eine vorher nicht vorhandene elektrische Differenz, und zweitens erleidet an der Stelle, wo der veränderte Theil ein anderes Metall berührt, die dort schon vorhandene elektrische Differenz eine Aenderung, welche in der Gleichung (14) nicht mit ausgedrückt ist, und daher noch besonders in Rechnung gebracht werden mufs, und beide Umstände vereinigen sich in ihrer Wirkung auf den Strom. Um in solchen Fällen mit dem Carnot'schen Gesetze im Einklange zu bleiben, braucht man sich nur die durch die Wärme in der Thermokette hervorgebrachten elektrischen Wirkungen in zwei Theile zerlegt zu denken, nämlich in die unmittelbaren und die durch Aenderungen des Molecularzustandes vermittelten, und dann die letzteren so zu behandeln, als ob sie durch wirkliche Stoffveränderungen veranlaßt wären, für die ersteren dagegen die Gleichung (14) ungeändert beizubehalten und sie nach jeder Aenderung des Molecularzustandes auf die veränderte Kette gerade so anzuwenden, wie vorher auf die unveränderte. Ob die Aenderung des Molecularzustandes bei einer bestimmten Temperatur sprunghaft eintritt, oder ob ein allmählicher Uebergang aus dem einen Zustande in den anderen stattfindet, macht hierbei keinen wesentlichen Unterschied, denn im letzteren Falle kann man statt Einer endlichen Differenz eine unendliche Reihe von unendlich kleinen Differenzen annehmen.

Wenn man für alle einzelnen thermoelektrischen Erscheinungen, welche in dergleichen Aenderungen des Molecularzustandes ihren Grund haben, das vorher angedeutete Verfahren wirklich ausführen, und sie auf diese Weise vollständig erklären wollte, so würde man freilich auf bedeutende Schwierigkeiten stossen, indem dazu einerseits diese Aenderungen und andererseits jene Erscheinungen selbst viel genauer bekannt seyn müßten, als es bisjetzt der Fall ist. Ein solches Unternehmen würde aber auch die beab-

sichtigten Gränzen dieses Aufsatzes weit überschreiten. Wie man nämlich in jedem Zweige der Wissenschaft zuerst für die Erklärung der gewöhnlich wiederkehrenden und daher als *Regel* geltenden Erscheinungen eine sichere Grundlage gewonnen haben muß, ehe man auf die Untersuchung der einzelnen *Ausnahmefälle* näher eingehen kann, so glaubte ich auch bei diesem Versuche einer mechanischen Theorie der thermoelektrischen Erscheinungen die letzteren zunächst nur in jener regelmässigen Gestalt auffassen zu müssen. Die Abweichungen von der Regel brauchten dabei nur in sofern erwähnt zu werden, als gezeigt werden mußte, daß sie mit den aufgestellten Principen nicht im *Widerspruche* stehen.

II. *Resultate aus directen Messungen der Sonnenwärme; von C. L. Althans.*

Erste Mittheilung.

Schon vor vielen Jahren wurde mir das Bedürfnis sehr fühlbar, die bisherigen Kenntnisse und Ansichten über die physikalischen Beschaffenheiten des Sonnenkörpers zu erweitern. Unstreitig ist die Sonne, wovon das ganze Naturleben etc. abhängig ist, der wichtigste Gegenstand aller Naturforschungen, um die noch sehr unvollkommenen, zum Theil irrigen Begriffe von derselben zu verbessern.

Das von Pouillet angegebene Pyrheliometer und die Gebrauchsmethode war mir nicht genügend, weshalb ich drei verschiedene neue Instrumente construirte, eigenhändig ¹⁾ ausführte, und durch *mehrfährige Probemessungen* die kleinen Störungen zu beseitigen und die geeignetste Messungsmethode zu ermitteln suchte.

Solche

1) Aus dazu angeschafften Thermometern und Gläsern.

Solche Messungen haben ihre ganz besondere Eigenheiten und Schwierigkeiten, welche hauptsächlich in den zu selten vorkommenden brauchbaren Tagen und Jahreszeiten liegen. Deshalb vergingen mit vielen ungenügenden Messungen manchmal viele Jahre, bis ich (in meiner dazu verwendbaren Zeit) *einen vollkommen guten Tag* dazu antreffen konnte. Diese unumgänglichen Umstände und andere Vorsichtsmaafsregeln nehmen viel Geduld und Beharrlichkeit in Anspruch, um nur nach vielen Jahren einige genügende Resultate zu gewinnen, welche mit einer gewissen Sicherheit zu veröffentlichen sind.

Die angedeuteten drei neuen Instrumente bestehen:

- 1) in einem *Pyrheliometer* zur Messung der ganzen strahlenden Sonnenwärme, welcher genau 100 Grm. Wasser-Wärmecapacität enthält, und 25 Quadrat-Centimeter Strahlenquerschnitt aufnimmt;
- 2) in einem *Photometer*, welcher die Lichtstärke mit doppelten dunklen Glaskeilen misst, indem der Maafsstab diese Glasdicke nach Zehntel-Millimeter angiebt; und
- 3) in einem *zweiten Pyrheliometer*, womit in einem vergrößerten Sonnenbilde von 16 Millimeter Radius an jeder beliebigen Stelle der uns zugekehrten Sonnenoberfläche die relative Wärme gemessen werden kann.

Die beiden ersten Instrumente sind schon vor mehreren Jahren vollendet und erprobt. Die Ausführung dieses letzteren Instrumentes ist zwar schon vor vielen Jahren angefangen, aber erst im J. 1853 soweit vollendet, erprobt und berichtet, dafs (nach einigen früheren Probemessungen) im Juli am 9ten ein brauchbarer Vormittag zu 4 zuverlässigen Beobachtungen benutzt werden konnte.

Die ausführliche Mittheilung von der Einrichtung und dem Gebrauche dieser Instrumente mufs ich (wegen Mangels an Zeit) mir noch vorbehalten, und bemerke nur zum besseren Verständnisse der Resultate, dafs an jedem Pyrheliometer die Sonnenhöhen ($\angle v$ über dem Horizonte) durch einen in Zehntel-Grade getheilten Gradbogen gegeben werden.

ad 3) Für die zu messenden Punkte im vergrößerten Sonnenbilde von 32 Millimeter Durchmesser ist eine transparente Platte am Rohrauszuge, auf welcher 16 Ringe (à 1 Millim. breit) durch Kreise abgetheilt sind, welche nach zwei sich rechtwinklich kreuzenden Durchmessern in verschiedenen Fernen vom Mittelpunkte, und in diesem selbst, Löcher von genau 2^{mm} Durchmesser haben, die mit einem Stöpschen verschlossen und beliebig geöffnet werden. Die drehbare Kapsel dieser Scheibe ist stellbar an einer Gradtheilung auf dem Rohrumfange, um immer, gemäß der Jahres- und Tageszeit, der scheinbar drehenden Sonnenbewegung folgen und in jeder beliebigen Richtung irgend eines Sonnenradius und Ferne vom Mittelpunkte die relative Wärme messen zu können, indem ein solches Loch geöffnet und der Strahlenbündel von 2^{mm} Durchmesser auf eine mit Schellack und Wachsstockflammen-Rufs geschwärzte Thermometerkugel gerichtet wird. Diese Kugel ist in einer cylindrischen Kapsel von doppeltem Zeichnenpapier eingeschlossen und außerdem noch mit einem guten dreifachen Schirme versehen, welcher die übrige Wärme des Sonnenbildes abhält; so daß der zu messende Strahlenbündel nur durch ein Kapselloch die Kugel trifft.

Dieses Instrument hat ein einfaches möglichst dünnes Objectivglas von 6 $\frac{1}{4}$ Zoll preussisch Durchmesser, ein zweites einseitiges Plan-Linsen-Glas von 3 $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser von jenem 13 Zoll entfernt, welche beide von diesem in 10,1 Zoll Ferne ein verkehrtes optisches Sonnenbild von 4^{mm} Durchmesser liefern. Dieses wird durch eine einseitig plane (mit der Planfläche vom Bilde 0,86 Zoll entfernte) Mikroskoplense, in 7,24 Zoll Ferne, 8fach im Durchmesser vergrößert gegen vorerwähnte durchlochte und transparente Platte geworfen, welche aus drei weissen Druckpapierdicken mit Gummiarabicum zusammengeleimt und gepresst ist, vorher aber einzeln viermal mit gesättigter Alaunlösung getränkt und immer getrocknet sind. Diese Präparatur hat den Zweck, daß die transparente Platte von etwa $\frac{1}{2}$ Millim. Dicke möglichst *atherman* seyn soll. Auf

eine ähnliche Weise ist auch der erwähnte dreifache athermane Papierschirm präparirt und zwischen jene Platte und die Thermometerkapsel gebracht.

Ein vollkommenerer astronomischer Heliometer mit einer ähnlichen Vergrößerung des Sonnenbildes würde vielleicht bessere Resultate liefern können, und er wäre auch mit der Bewegungsvorrichtung zur Verfolgung der scheinbaren Sonnenbewegung viel bequemer, wenn die übrigen Hülfsvorrichtungen ebenfalls zweckmäßig angebracht würden.

Beiläufig sey bemerkt, daß die zuerst benutzte etwas kleinere Mikroskoplinsen bei den ersten Versuchen in wenigen heißen Tagen, durch die Hitze des kleinen Sonnenbildes, im Innern der Glasmasse sichtbar gewordene muschelartige Bruchsprünge bekommen hat. Die zweite Linse (aus einem Ocular der stärksten Vergrößerung eines Mikroskopes entnommen), womit nachstehende Messungen gemacht sind, zeigt noch keine innere Sprünge.

Diese Bemerkungen dürften vorläufig genügen, bis später ausführlichere Mittheilungen der Messungs- und Rechnungsmethoden etc. nebst Zeichnungen und Beschreibungen der Instrumente erfolgen können.

A. Resultate aus den Messungen mit dem ersten Pyreheliometer, über die ganze Sonnenwärme.

Der beste von allen Beobachtungstagen, 1850 Juni 25, gestattete 21 der übereinstimmendsten Beobachtungen, welche besonders zur Ermittlung des Wärmeverlustes in der Atmosphäre erforderlich waren.

Gleichzeitig wurden damit verbunden:

B. Photometer- und

C. Psychrometer-Messungen, wie auch Beobachtungen der Windrichtung etc., welche zur Controle atmosphärischer Verhältnisse sehr nothwendig sind.

1) Resultat ad A, von 21 Beobachtungen:

Das Wärmemaß von 100 Grm. Wasser mit 20 □-Centimeter Strahlenquerschnitt giebt in 10 Minuten, incl. der Wärmeabsorption von der Atmosphäre, also außerhalb derselben, den constanten Wärmewerth

$$W = 9^{\circ},437 \text{ Cels.}$$

Dabei war der mittlere Wärmewerth, welcher in der Atmosphäre von W verloren ging und auf einen vergleichbaren Werth x für einen eingebildeten *senkrechten Durchgang* berechnet wurde

$$x = 1^{\circ},9 \text{ Cels.}$$

Dieser war in den 21 besonderen Beobachtungen von kleinen atmosphärischen Störungen abhängig: gröfser bei N. O. Windrichtungen, oder beim Luftzuge als bei vollkommener Windstille u. dgl. Die verschiedenen Werthe von x variiren zwischen $1^{\circ},506$ bis $2^{\circ},259$. Dieses Maximum war Nachm. 2 U. 30 M. und das Minimum Nachm. 5 U. 50 M.

Die wirklichen von der Atmosphäre absorbirten Werthe sind

$$= (x \cdot \text{cosecante } \vartheta)^{\circ} \text{ Cels.}$$

wenn der $\angle \vartheta$ die Sonnenhöhe über dem Horizonte bezeichnet. Demnach ist z. B. die wirkliche Absorption der Wärme in geneigter Richtung Nachm. von 1 U. 20 M. bis 30 M.

$$1^{\circ},9 \cdot 1,175 = 2^{\circ},2325 \text{ oder } \frac{2^{\circ},2325}{9^{\circ},437} \text{ nahe } 0,2366 \cdot W;$$

und von 5 U. 20 M. bis 30 M.

$$1^{\circ},9 \cdot 2,488 = 4^{\circ},7272 \text{ oder } \frac{4^{\circ},7272}{9^{\circ},437} \text{ etwas mehr als } 0,5 \cdot W.$$

Das Minimum würde (ohne besondere Störungen) genau auf 12 Uhr Mittags fallen. Die spätere höhere Lufttemperatur, welche am Beobachtungstage Nachmittags um 3 Uhr eintrat, ist also allein das Resultat der bis dahin vom Erdboden etc. eingesammelten Wärme, welche dann in größter Menge wieder ausgestrahlt wird.

ad B. Die *Lichtstärke* war Vormittags von 8 U. 0 M. bis 10 U. 20 M. zunehmend von $32^{\text{mm}},0$ bis $32^{\text{mm}},6$.

Sie wurde über Mittag und Nachmittags bei den anderen Beobachtungen von 1 U. 20 M. bis 3 U. 10 M. nicht beobachtet, weil es für einen Beobachter zu lästig war.

Bei gleichen Sonnenhöhen Vor- und Nachmittags war sie verschieden: Vormittags von 8 U. 0 M. bis 8 U. 40 M.

zunehmend von $32^{\text{mm}},0$ bis $32^{\text{mm}},4$; und Nachmittags von 3 U. 20 M. bis 4 U. 0 M. abnehmend von $32^{\text{mm}},6$ bis $32^{\text{mm}},5$.

Die Abnahme der Lichtstärke Nachmittags von 3 U. 20 M. bis 5 U. 50 M. war von $32^{\text{mm}},6$ bis $31^{\text{mm}},8$.

ad C. Die Feuchtigkeitsverhältnisse der Atmosphäre bei den Temperaturen im Schatten von 22° bis $31^{\circ},5$ Cels. während der Beobachtungszeiten, zeigten in 1 000 000 Maafs Luft im Mittel 13,8 Maafs Wasser. Vormittags von 8 U. 0 M. bis 10 U. 20 M. im Mittel 14,4 Maafs, und Nachmittags von 1 U. 10 M. bis 6 U. 0 M. im Mittel 13,2 Maafs. Das Minimum zeigte sich Nachmittags 2 U. 20 Min. = 11,4 Maafs und 4 U. 50 M. = 11,9 Maafs; und das Maximum Vormittags 10 U. 20 M. = 15,2 Maafs.

Es waren zwar schon einige trockene Tage mit meist Ostwind vorher gegangen, weshalb dieser ganz wolkenfreie Tag bei meist Ostwind, zwischen NO. und SO. wechselnd, außerordentlich günstig war: aber die verschiedenen Wasserverdampfungen aus der Erde, welche sich zunächst am Psychrometer ¹⁾ bemerklich machten, kamen (unsichtbar) etwas später in der Luft vor die Sonne; und die Erhaltung des Dampfes in klarer Auflösung (NB. bei der aufsteigenden Ausdehnung und Abkühlung durch die Wärmebindung), wie die nordöstlichen kühleren Luftzüge u. s. w. verursachten doch mit ihren größten Werthen dieser Combinationen gemeinschaftlich die Maxima von den vorstehenden Werthen x .

Aus diesem *ersten Resultate*, $W = 9^{\circ},437$ Cels. für 10 Minuten, ergeben sich folgende berechnete Resultate für die Erde und den Mond.

2) Es würde (als ein allgemeines Wärmemaafs) mit 1 Quadrat-Meter Strahlenquerschnitt

pro Minute 1 Kub. Meter Wasser auf $0^{\circ},037748$ Cels.

„ Stunde „ „ „ „ $2^{\circ},26488$ „

„ 24 „ „ „ „ $54^{\circ},35712$ „

1) Diese Thermometer waren durch eigenthümliche Schirmkapseln gegen jede äußere Störung (Windstöße, Strahlungen u. s. w.) geschützt und erprobt.

erhöht werden, wenn alle Strahlenwärme vollkommen absorbiert angenommen wird.

3) Für jedes Quadrat-Meter der heißen Zone würde (da wo Mittags die Sonne im Zenith steht, bis 1 Meter Tiefe reines Wasser als Maasseinheit betrachtet) eine tägliche Temperaturerhöhung (incl. Atmosphäre)

$$\frac{54^{\circ},35712}{\pi} = 17^{\circ},3$$

um den ganzen Erdgürtel erfolgen.

4) Unter den verschiedenen Breite-Zonen würde, bei Tag und Nacht gleich und gemäß dem Breitengrade $= b^{\circ}$, pro Quadrat-Meter Oberfläche und 1 Meter Wassertiefe

$$17^{\circ},3 \cdot \cos . b^{\circ}$$

Erwärmung um die ganzen Erdgürtel in 24 Stunden zu rechnen seyn.

5) Setzt man den Querschnitt der Erde

$$\pi \cdot r^2 = 3,1416 \cdot (6377270)^2 \text{ in Meter}$$

$$\text{etwa} = 127\,767\,530\,000\,000 \square\text{-Meter.}$$

Dieser giebt also mit 1 Meter Tiefe ebensoviel Kubik-Meter Wasser für die ganze Erde, welche in 24 Stunden auf $54^{\circ},35712$ zu erwärmen sind.

6) Daraus ergibt sich, in Betreff der in je 24 Stunden von der Sonne gegen den ganzen Erdquerschnitt, also im gleich großen Strahlenquerschnitte kommenden Wärmemenge, daß diese

$$\frac{54^{\circ},35712}{75^{\circ}} \cdot 127\,767\,530\,000\,000 \text{ nahe}$$

$$= 92\,601\,000\,000\,000 \text{ Kub. Meter Eis}$$

schmelzen könnte.

7) Oder es würde mit den täglich von der Sonne auf die Erdoberfläche treffenden Wärmestrahlen eine Wassermenge von

$$\frac{54^{\circ},35412}{640^{\circ}} \cdot 127\,767\,530\,000\,000 \text{ nahe}$$

$$= 10\,851\,662\,000\,000 \text{ Kub. Meter}$$

von 0° Temperatur in Dampf von 100° verwandelt werden können.

Die sub 5, 6 und 7 ermittelten Zahlen geben nur Begriffe, nach der bestimmten Maasseinheit, von der täglich zur Erde kommenden Sonnenwärme, welche die tägliche Ausstrahlung hauptsächlich Nachts wieder ausgleicht, um die durchschnittliche Temperatur der Erdoberfläche in dem jetzigen constanten ¹⁾ Zustande zu erhalten.

Hauptsächlich dürfte ein Theil des Zahlenwerthes sub 6 zur Schmelzung des Polar- und Gletscher-Eises etc., und der Rest davon, als proportionaler Theil von dem sub 7. enthaltenen Zahlenwerthe, zur gesammten Wasserverdampfung und zur directen Ausstrahlung etc. verwandelt werden.

8) Auf ähnliche Weise erfolgt ein *bestimmteres Resultat* für die periodische Erwärmung der *Mondoberfläche*, weil daselbst keine Rücksicht auf die Absorption der Atmosphäre zu nehmen ist. Dort muß aber statt 24 Stunden die synodische Umlaufzeit (der Lichtphasen), also eine 29,53058 mal so lange Erwärmung gerechnet werden. Demnach würde in der Mond-Umlaufzeit 1 Kub. Meter Wasser mit 1 □-Meter Strahlenquerschnitt ein Wärmemaas von $54^{\circ},35712 \cdot 29,53058 = 1605^{\circ},2$ erhalten.

Dieses giebt für jedes □-Meter der Aequatorzone des Mondes eine monatliche Erwärmung, auf 1 Meter Tiefe Wassermass gerechnet, von $\frac{1605,2}{\pi} = 510^{\circ},9$.

Nimmt man für die trockene Mondoberflächen-Masse die Wärme-Capacität des Quarzes an, und übersetzt das Wasser-Wärmemaas in eine gleiche Volumen-Wärme-Capacität des Quarzes,

durch das specifische Gewicht desselben = 2,69

und durch die specifische Wärme „ = 0,19;

so erhält man für die Volumen-Wärme-Capacität des Quarzes 0,5111 des Wassers. Demnach würde die monatliche Erwärmung (auf 1 Meter Tiefe als Maas gleichförmig erwärmt gedacht) um die ganze Aequator-Zone des Mondes

1) Später mitzutheilende Untersuchungen werden zeigen, daß der mittlere Temperaturzustand nicht absolut constant bleiben kann, sondern mit der Zeit nothwendig abnehmen muß.

$\frac{510^{\circ},9}{0,5111} = 999^{\circ},6$ nahe 1000° betragen; welche dort ebenfalls durch die monatliche Ausstrahlung auf eine mittlere constante Temperatur zurückgeführt werden muß. Aus solchen oder anders beliebten Maafsverhältnissen lassen sich viele andere Resultate, den Anforderungen gemäß, ermittelnd.

9) Es wird z. B. in der Aequatorzone des Mondes die Oberflächentemperatur im Laufe des Monats sehr verschieden: so dafs auf der uns zugekehrten Seite etwa 7 Tage nach Vollmond ein *Maximum* von etwa 400° , und etwa $\frac{1}{2}$ Tag nach dem ersten Viertel ein *Minimum* von etwa -122° auf der uns alsdann zugekehrten Seite, also 522° Differenz, seyn muß.

a) Die gemachten ausführlicheren Ermittlungen für jedes Dreifsigstel der Mondumdrehung u. s. w. würden hier jetzt zu weit führen, und dürfen für den Zusammenhang der späteren Folge reservirt werden, indem ich zunächst nur die Absicht habe:

b) das besonders Bemerkenswerthe daraus hervorzuheben, dafs nämlich dieses Resultat, in Betreff des Maximums der Mondwärme, 7 Tage nach Vollmond, mit dem von Hrn. Dr. Buys Ballot auf einem ganz anderen Wege (gelegentlich bei der Ermittlung der verschiedenen Sonnenwärme) gefundenen Resultate so genau übereinstimmt — dafs es wohl als ein Triumph für die benutzten 70-jährigen Temperaturbeobachtungen und die wissenschaftlichen Entwicklungen betrachtet werden darf, dafs daraus die grösste Wärmewirkung des Mondes auf unsere nördliche Erdhälfte so richtig erkannt wurde.

c) Es dürfte also diese Uebereinstimmung um so mehr für die Sonne schon als ein sicherer Beweis für die Richtigkeit der Rotations-Periode in Betreff der zwei verschiedenen heißen Seiten betrachtet werden, welche in Pogg. Ann. Bd. LXVIII. (1846) S. 208 als synodische Periode $= 27,68$ angegeben ist.

Nach S. 206 tritt am 1sten Januar 1846 die kälteste Seite, und am 15ten Januar die wärmste Seite vor

d) Später berichtet Derselbe über diesen Gegenstand weiter (in Pogg. Ann. vom Jahre 1851, Bd. LXXXIV., S. 521): Vor einigen Jahren habe ich etc.

1) »Die Rotationszeit der Sonne um ihre Axe zu $25,78 \pm 0,003$ Tagen bestimmt.«

2) »Namentlich habe ich daraus abgeleitet, das jedesmal nach $27,682 \pm 0,004$ Tagen (als geocentrische Rotation der Sonne, oder von der Erde gesehen) eine geringe Erhöhung, und in den Zwischenzeiten eine Erniedrigung der Temperatur stattfindet, u. s. w.«

e) Setzt man das Jahr $= 365,256\,384$ mittlere Sonnentage, so sind vom Anfange 1846 (sub c) bis zum Anfange 1853

$$7 \times 365,256\,384 = 2556,794688 \text{ Tage verflossen.}$$

Daraus erfolgen verflossene

$$\frac{2556,794688}{27,682} = 92 \text{ Rotations-Perioden und ein Bruchtheil.}$$

Für jede Periode $\pm 0,004$ Tage als möglichen Fehler, giebt für die 7 Jahre oder 92 Perioden $\pm 0,368$ oder höchstens 0,4 Tage Fehler, wenn man nach jenen Angaben für das Jahr 1853 die Perioden berechnet, wie ich nachstehend gethan habe, um in diesem Jahre mit dem zweiten *Pyrheliometer* vergleichende Messungen zu versuchen. Weil aber $\pm 0,004$ als möglicher Fehler für die 7 Jahre bis her nur höchstens 0,4 giebt, so ist statt jener Periode $= 27,682$ nur die frühere Angabe $= 27,68$ zu nachstehenden Berechnungen genommen.

f) Das Bedürfnis, die verschiedenen Temperaturen im Sonnenbilde beliebig nach jeder Richtung messen zu können, wurde mir (wie gesagt) schon vor vielen Jahren sehr fühlbar, weil ich, aus (später erst näher zu erklärenden) Gründen, sehr verschiedene Temperaturverhältnisse auf der Sonnenoberfläche erwartete; also durch vorerwähnte Dr. Buys-Ballot's Mittheilung noch vermehrt. Wie derselbe (Pogg. Ann. (1852) Bd. LXXXVII., S. 541 u. f.) »sub III. Bemerkungen u. s. w.« auch selbst den (mir eben-

falls brieflich geäußerten) Wunsch ausspricht, daß die Periode durch directe Pyrheliometer-Messungen näher geprüft und constatirt werden möge ¹⁾).

10) Die Resultate der ersten Versuchsmessungen, die eigentlich zur Berichtigung und Vervollständigung des zweiten Pyrheliometers, und zur Einübung der geeignetsten Messungsmethode dienten, werden hier übergangen. Wenn sie auch schon den Erwartungen entsprachen, so waren sie doch wegen Störungen etc. unzuverlässig.

Die an einem günstigen Vormittage, 1853 Juli 9, gewonnenen Resultate werden nachstehend vollständig mitgetheilt.

Vorbemerkungen und Erklärung der Zeichnung vom vergrößerten Sonnenbilde in natürlicher GröÙe.

Um jenen Wünschen entsprechende Pyrheliometer-Beobachtungen der 2ten Art machen zu können, welche die relativen Wärmeverhältnisse von verschiedenen Punkten zeigen, war es zur Vergleichung mit Dr. Buys-Ballot's Rotations-Periode zuerst nothwendig, durch dieselbe die verflossene und die zunächst kommende Zeit nach den Angaben einzutheilen. Für die Beobachtungen ergab sich ferner die Nothwendigkeit, die Zeit in Viertel-Perioden zu theilen, und die Zeit des Eintritts der heißesten Sonnenseite (d. h. *mitten* vor die Sonnenscheibe) mit $\oplus \odot$, die der geringsten Hitze mit $\ominus \odot$ und die beiden zwischen jene fallenden Wärmemittel nur mit \odot zu bezeichnen.

Es wird nicht allein für manche andere Vergleichen die Mittheilung der berechneten Tabelle angenehm seyn; sondern es ist auch wünschenswerth, wenn dieselbe hiermit

1) Eine solche Prüfung wäre mit dem Pyrheliometer der ersten Art auch sehr wünschenswerth, um zu sehen wie sich die zwei verschiedenen Seiten mit ihrer ganzen Wärme-Intensität verhalten. Es können dazu aber viele Jahre verstreichen, bis zufällig *zwei* gleich gute Tage auf die halben Periodentage eintreffen. Mit dem der zweiten Art kann die relative Vergleichung in einem Tage geschehen.

der Prüfung ihrer Richtigkeit unterworfen wird. Dazu ist es nothwendig, den Anfangspunkt genau anzugeben.

Bd. LXVIII. (1846) S. 208 ist die Angabe der synodischen Rotations-Periode = 27,68. Diese ist zur Berechnung gebraucht, so daß die halbe Periode = 13,84 und die Viertel-Periode = 6,92 beträgt.

Nach S. 206 tritt am 1sten Januar 1846 die Sonnen-
seite mit der geringsten, und am 15ten Januar die mit der
größten Hitze vor. Rechnet man für die beiden Tage die
Mittagszeit, so hat man

für diese halbe Periode $15 - 1 = 14$ Tage

die halbe Periode ist aber nur = 13,84 »

also bleibt Rest = 0,16

= 3,84 oder nahe 4 Stunden. Demnach bleibt der Anfangs-
punkt nahe um ± 2 Stunden zweifelhaft.

Zur Notiz sey nun bemerkt, daß zur Berechnung die
heißeste Seite (+ ☉) im Jahre 1846 Januar 15 genau auf
Mittag angenommen ist, und folgende Uebersicht pro 1853
liefert.

Künftig dürfte es noch wohl ein allgemeines Bedürfnis
werden, solche ebenso im Kalender zu notiren wie die
Lichtphasen des Mondes. Dabei müßten dann aber auch
die vier verschiedenen Bilder von den Lagen des Sonnen-
Aequators zur Ekliptik zwischen dem 8ten und 10ten ge-
geben werden (siehe Taf. III., Fig. 20); indem besonders
die zwei Lagen im Juni und December *vor* und *nach* dem
Durchgange der Erde durch die Sonnen-Aequatorebene
(durch die Richtung des Zodiacallichts) *zwei verschiedene
Einflüsse* auf unsere zwei Erdhälften, in meteorologischer
Beziehung, äußern, — wie aus meinen Beobachtungen her-
vorgegangen ist, und in später folgenden Resultaten mit-
getheilt werden soll, worauf hiermit nur vorläufig aufmerk-
sam gemacht wird.

Dergleichen auch vom Monde.

Es wird auch in den nachfolgenden Resultaten nach-
gewiesen werden, daß die etwa 10jährige Periode der
meisten und größten Sonnenflecke von nachstehender Ro-

tations-Periode der heissesten Seite des inneren Sonnenkörpers abhängig ist, u. dgl. m.

Auch bin ich mit der von Hrn. Dr. Buys-Ballot (Pogg. Ann. Bd. LXXXVII, S. 551) ausgesprochenen Ansicht vollkommen einverstanden: dafs nicht allein die vorerwähnte 10jährige Sonnenflecken-Periode, sondern auch sehr wahrscheinlich die Rotations-Periode der heissesten Sonnenseite sich in den Schwankungen der Magnetnadel bemerklich macht; indem ich die *Ursache* der magnetischen Schwankungen (wie überhaupt des Erdmagnetismus) hauptsächlich in den verschiedenartigen Abschmelzungen des Polareises, den numerischen kalten Strömen von den Polen zum Aequator und den oberen warmen Rückströmen suche wie später beim Erdmagnetismus näher zu zeigen ist, und ich schon längst gegen Hrn. Professor von Riese zu Bonn, welcher bei dortiger Sternwarte die magnetischen Beobachtungen besorgt, mündlich geäußert habe.

Hierzu würde nachstehende Uebersicht nebst Fortsetzung ebenfalls dienen.

Nach der vorstehend ausgesprochenen Ansicht über die Ursache, kann der Erfolg als Wirkung auf die Magnetnadel aber erst nach Verlauf einer gewissen Zeit eintreten.

Uebersicht (nach bürgerlicher Tageseintheilung).

[$\frac{1}{4}$ Periode ist = 6',92 = 6 Tage + (12 + 10) Stunden + 4,8 Minuten.]

1852.

+ ⊙	Decemb. 8.	Abends	2 U.	9,6 M.
⊙	" 15.	"	0 "	14,4 "
- ⊙	" 22.	Morgens	10 "	19,2 "
⊙	" 29.	"	8 "	24,0 "

1853.

+ ⊙	Januar 5.	"	6 "	28,8 "
⊙	" 12.	"	4 "	33,6 "
- ⊙	" 19.	"	2 "	38,4 "
⊙	" 26.	"	0 "	43,2 "

1853.

+	○	Februar	1.	Abends	10 U.	48,0 M.
	○	"	8.	"	8 "	52,8 "
-	○	"	15.	"	6 "	57,6 "
	○	"	22.	"	5 "	2,4 "
+	○	März	1.	"	3 "	7,2 "
	○	"	8.	"	1 "	12,0 "
-	○	"	15.	Morgens	11 "	16,8 "
	○	"	22.	"	9 "	21,6 "
+	○	"	29.	"	7 "	26,4 "
	○	April	5.	"	5 "	31,2 "
-	○	"	12.	"	3 "	36,0 "
	○	"	19.	"	1 "	40,8 "
+	○	"	25.	Abends	11 "	45,6 "
	○	Mai	2.	"	9 "	50,4 "
-	○	"	9.	"	7 "	55,2 "
	○	"	16.	"	6 "	0,0 "
+	○	"	23.	"	4 "	4,8 "
	○	"	30.	"	2 "	9,6 "
-	○	Juni	6.	"	0 "	14,4 "
	○	"	13.	Morgens	10 "	19,2 "
+	○	"	20.	"	8 "	24,0 "
	○	"	27.	"	6 "	28,8 "
-	○	Juli	3.	"	4 "	33,6 "
	○	"	10.	"	2 "	38,4 "
+	○	"	17.	"	0 "	43,2 "
	○	"	23.	Abends	10 "	48,0 "
-	○	"	30.	"	8 "	52,8 "
	○	August	6.	"	6 "	57,6 "
+	○	"	13.	"	5 "	2,4 "
	○	"	20.	"	3 "	7,2 "
-	○	"	27.	"	1 "	12,0 "
	○	Sept.	3.	Morgens	11 "	16,8 "
+	○	"	10.	"	9 "	21,6 "
	○	"	17.	"	7 "	26,4 "
-	○	"	24.	"	5 "	31,2 "
	○	October	1.	"	3 "	36,0 "

1853.

+ ⊙	October 8.	Morgens	1 U. 40,8 M.
⊙	" 14.	Abends	11 " 45,6 "
- ⊙	" 21.	"	9 " 50,4 "
⊙	" 28.	"	7 " 55,2 "
+ ⊙	Novemb. 4.	"	6 " 0,0 "
⊙	" 11.	"	4 " 4,8 "
- ⊙	" 18.	"	2 " 9,6 "
⊙	" 25.	"	0 " 14,4 "
+ ⊙	Decemb. 1.	Morgens	10 " 19,2 "
⊙	" 8.	"	8 " 24,0 "
- ⊙	" 15.	"	6 " 28,8 "
⊙	" 22.	"	4 " 33,6 "
+ ⊙	" 29.	"	2 " 38,4 "

1854.

⊙	Januar 5.	"	0 " 43,2 "
- ⊙	" 11.	Abends	10 " 48,0 "
⊙	" 18.	"	8 " 52,8 "
+ ⊙	" 25.	"	6 " 57,6 "
⊙	Februar 1.	"	5 " 2,4 "
- ⊙	" 8.	"	3 " 7,2 "
⊙	" 15.	"	1 " 12,0 "

u. s. w.

Fig. 18 zeigt in natürlicher Gröfse das Ende des Rohres am 2ten Pyrheliometer mit der transparenten Scheibe *cd* für das Sonnenbild *ab*. Die Scheibe *ef* ist wie ein Dosen-deckel auf dem Rohre drehbar, hat auf dem cylindrischen Rande vier um 90° entfernte Zeigerlinien, welche (nach den Zeichen der Figur 1) auf dem in Grade getheilten Rohre auf $-0^\circ +$, -90° , $+90^\circ$, und $-180^\circ +$ bei dieser Lage des Bildes eingestellt sind. Das Instrument hat eine horizontale und verticale Bewegung mittelst Schrauben, und wird so aufgestellt, dafs 0° und 180° jener Theilung immer in der senkrechten Ebene und nach der Sonne gerichtet bleiben, während die Rohraxe mit dem Neigungs- $\angle \varphi$ über dem Horizonte des Orts die Sonnenhöhe verfolgt.

In einer vorher berechneten Tabelle (für die hiesige

Breite) sind für alle Tage des Jahres und jede Viertel-Stunde von Morgens 6 Uhr bis Abends 6 Uhr die $\pm \angle s$ schnell zu finden, um welche die Sonnenaxe von 0° (d. h. von der senkrechten Ebene des Orts) abweicht; so daß man mit der Scheibe *ef* immer der scheinbaren Drehung der Sonnenaxe während der Beobachtungen der Zeit gemäß folgen kann. Von diesem $\angle s$ wird in der Beobachtungstabelle nichts erwähnt, sondern er wird nur immer gehörig beachtet und gestellt.

Wenn in der Beobachtungs-Tabelle der $\pm \angle$ für die Messungen in verschiedenen Radien vorkommt, so wird damit die Abweichung von der Axe oder vom Aequator rechtsum mit $+$ und linksum mit $-$ bezeichnet. Ebenso werden die *Entfernungen vom Mittelpunkte* in den betreffenden Radien (oder anderen parallelen Linien), für den Aequator rechts mit $+$ und links mit $-$; so wie für die Axe nach N. mit $+$ und nach S. mit $-$ bezeichnet. In Fig. 18 Taf. III. ist diese Bezeichnung angedeutet.

Das vergrößerte Sonnenbild wird genau in den Kreis *ab* der transparenten Platte *cd* eingestellt und während der Erwärmungszeit mit den zwei Stellschrauben immer möglichst genau erhalten. *de* ist die Randbreite des drehbaren Dosendeckels, worin die Platte zwischen zwei Ringe eingespannt und befestigt ist. Der äußerste Kreis *ab* des Bildes hat genau 16 Millimeter Radius, wie schon erklärt ist und die Fig. 18 zeigt.

Bei nachstehenden Beobachtungen ist die 5theilige Eintheilung benutzt, und die Messungslinie ist um $\pm 30^\circ$ vom Aequator abweichend gerichtet, um auf der nördlichen Hälfte mit $+ 30^\circ$ am östlichen Rande die Zone der meisten und größten Sonnenflecken zu treffen, — wenigstens ihre Nähe. Denn 1853 Juli 9 war der günstige Beobachtungstag (nur bis Vormittags 11 U. 40 M.), und laut vorstehender Uebersicht traf Juli 10 Morgens 2 U. 38,4 M. \odot auf der Sonnenmitte ein, also am östlichen Rande $+\odot$ und am westlichen Rande $-\odot$. In der Nähe der erwähnten Zone erwartete ich nämlich den heißesten Sonnenpunkt, also mußte in der gewählten Richtung am westlichen Rande

der entgegengesetzte Punkt mit der geringsten Hitze in der Nähe der südlichen Zone — 30° vom Aequator befindlich seyn. Wahrscheinlich ist der $\angle 30^\circ$ noch etwas zu groß für die Zone der meisten und größten Sonnenflecke gewählt, wenigstens für die äußerste Messung bei — 15. Für — 10 wird er diese Zone besser treffen. Zuerst annähernd, später genauer ¹⁾).

Zur Beurtheilung der Messungs- und Rechnungs-Methode, und der Resultate, wird nachstehende Abschrift der Beobachtungs- und Rechnungs-Tabelle vollständig mitgetheilt. Die Fig. 19 giebt die Versinnlichung dazu. Die Axe NS dieses Bildes folgte immer der Neigung der Sonnenaxe, nämlich dem vorerwähnten $\pm \angle s$. Der Aequator war um diese Zeit etwa in der punktirten elliptisch gekrümmten Richtung OW nach der südlichen Hälfte geneigt. Wenn nun keine besondere heißeste Seite vorhanden wäre, so müßte die Sonne (in Folge ihrer Rotation) ihre heißeste Zone am Aequator haben; also wäre demnach zu erwarten, daß der Punkt + 10 in der Richtung — 30° eine größere Wärme liefern müßte als der Punkt — 10 in + 30° . *Die Resultate der Messung geben dieses aber nicht, sondern sie zeigen wirklich nach der erwarteten östlichen Richtung a hin die größte Wärme, also die heißeste Sonnenseite, wie aus nachstehender Tabelle näher zu entnehmen ist.*

Bei den früheren Beobachtungen dieser Art war für jede Erwärmungszeit 5 Minuten, bei den nachstehenden Beobachtungen sind 10 Minuten genommen. Künftig sollen aber wieder 5 Minuten darauf verwendet werden, weil die größte Thermometererhöhung in den ersten 5 Minuten erfolgt, und damit in derselben günstigen Tageszeit mehr vergleichbare Beobachtungen zu vollenden möglich ist.

- 1) Es soll nämlich an einem günstigen Tage, wenn + \odot und — \odot wieder an den Sonnenrändern eintreffen, das Sonnenbild auf den um 3 Theile *excentrisch gezeichneten Kreis* (Fig. 18) eingestellt werden, so daß die 5theilige Lächerreihe in eine Zone etwa 11° nördlich vom Aequator *gh* parallel mit demselben zu liegen kommt, unter welcher Zone der heißeste Punkt zunächst befindlich seyn könnte.

Beobachtungs- und Rechnungs-Tabelle.

1853. Juli 9.

Sonnen-Zeit		Thermometerstand im Sonnenbilde vor nach der Beobachtung.		Temp. d. Luft im Schatten u. in der Schutzkapel.		In d. Äre vom Mittelpunkt.		Im Aequator, oder unter diesem \angle , nämlich vom Mittelpunkt nach Millimet.		Besondere Bemerkungen bei den Beobachtungen, Windrichtung u. s. w.	Unterschied, Thermometerstände.	Berechnungen aus vorstehenden Beobachtungen.		Sonnenhöhen im Horizonte $= 0^\circ$.		Reduct. auf senkrechte Durchstrahlung der Atmosph. $= x$ als proportionale Strahlenwärme von den verschiedenen Sonnenpunkten.
Stunden.	Minuten.	Anfang	Ende	Süd	Nord	W.	Ost	W.	Süd			Nord	Abkühlung in derselben Zeit. Summe als ganze Erwärmung $= 10^\circ$.	Anfang.	Ende.	
1.	Morgens 10	bis 20	30	29° 8	31,5	32° 5	38,5	Cels.	Cels.	Windstill, Fahne S, Himmel klar, aber etwas hell-grau-blau dunstig.	6° 3	5° 4	11° 7	56° 3	57° 2	15° 38
2.	bis 11	0	10	31,4	33,4	38,2				Sanfter Wind.	4,8	4,3	9,1	58,1	59,0	11,89
3.	bis 11	0	10	31,5	33,5	40,3				Bewegung der Blätter, sonst ruhige Luft wie oben.	6,8	6,2	13,0	59,8	60,5	16,89
4.	bis 11	20	30	32,0	34,1	42,3				Wie vorstehend.	8,2	7,8	16,0	61,0	61,5	20,72
5.	bis 12	0	10	32,5	34,5	41,9				Leichter Wind u. einzelne kleine weiße Cirrus aus S.S.W. unter d. Sonne. Bei No. 5 aber glügen einzelne Cirrus etwa 2 Minuten lang vor der Sonne vorbei; auch einige kühle Windstöße waren sehr bemerklich, wie auch die plötzlich wieder abnehmende Lufttemperatur zeigt.	7,4	7,4	14,8	61,8	62,0	19,14 ^{*)}

*) Dieser Werth sub No. 5 ist also durch die Störungen zu klein ausgefallen, und mit No. 1 bis 4 nicht vergleichbar.

In Betreff der Reduction des Werthes w auf den Werth X dient folgende Erklärung.

Nach den ersten Pyrheliometer-Messungen von 1850 Juni 25 ist (in 100 Gramm Maafswasser von 25 □-Centimeter Strahlenquerschnitt pro 10 Minuten) die ganze Wärmemenge $W = 9^{\circ},437$ Cels. in der Erdferne jener Zeit. Davon ist die atmosphärische Wärmeabsorption im eingebildeten senkrechten Durchgange der Strahlen $x = 1^{\circ},9$. Demnach erhalten wir für eine vergleichbare Wärmegröße, zu jeder Tageszeit, einen unentbehrlichen Coëfficienten

$$f = \frac{1,9}{9,437} = 0,201335$$

wofür annähernd $f = 0,2$ anzunehmen ist; so daß im senkrechten Durchgange durch die Atmosphäre von der ganzen Strahlenwärme W

$$f \cdot W = 0,2 \cdot W$$

absorbirt wird.

Dieses giebt für die wirkliche absorbirte Wärme unter jeden vorkommenden Neigungswinkel v den Werth $W' = f \cdot \text{cosec} v \cdot W$).

Setzt man statt W unseren obigen unbekannten Werth X , als constanten Werth jedes Sonnenpunktes für den Tag, aber verschieden für die verschiedenen Sonnenpunkte, und die zugehörigen gefundenen Werthe $w = X - W'$, so wird

$$X = \frac{w}{1 - f \cdot \text{cosec} v}.$$

Eine Gleichung zur Reduction jener Werthe w auf die eingebildeten senkrechten Werthe X , welche den strahlenden Wärmegrößen von den verschiedenen Sonnenpunkten proportional, also vergleichbar sind.

Die zur Ermittlung des Coëfficienten f benutzten Beobachtungen sind unter allen mir bisher möglich gewesen (d. h. mit dem ersten Pyrheliometer für die ganze Sonnen-

- 1) Es ist hierbei kurz zu bemerken, daß die Strahlenbrechung sehr nahe durch den Bogen der Erdoberfläche ausgeglichen wird, also unbeachtet bleiben kann.

wärme) die besten — und der dazu benutzte Tag trifft sehr nahe mit dem mittleren Wärmepunkte (\odot) der Sonne zusammen, indem dieser (1850 Juni 25) etwa 3,8 Tage *nach* dem die Seite mit der *geringsten*, und etwa 5 Tage *vor* dem die Seite mit der *größten Hitze* der Erde zugekehrt war.

Es war also der Beobachtungstag nur $\frac{5-3,8}{2} = 0,6$ Tag von dem mittleren Wärmepunkte (\odot) entfernt; so daß der Coëfficient f als Mittelwerth zu dergleichen Berechnungen, wie auch überhaupt der ganze Werth W als Mittelwerth, benutzt werden kann.

Das hier sub 10 gewonnene Resultat vom Werthe X zeigt nun von den zuverlässigen Beobachtungen die zu vergleichenden Wärmegrößen

No. 1, = $15^{\circ},38$ an der heißesten Sonnenseite;
und No. 2, = $11^{\circ},89$ an der entgegengesetzten Seite
zunächst an dem Sonnenrande.

Desgleichen No. 4, = $20^{\circ},72$ nach der heißesten Seite,
nur 10 Theile vom Mittelpunkt;

und desgl. No. 3, = $16^{\circ},89$ (mit jenen übereinstimmend)
ebenfalls in derselben Richtungslinie nach der entgegengesetzten Seite: Diese nämlich gegen die Richtung a , welche die Zone der meisten und größten Sonnenflecke zwischen — 15 und — 10 durchschneidet, wo ich den heißesten Punkt erwartete.

Meine viel früheren zuvor angedeuteten Vermuthungen über eine größere Hitze am Aequator als an den Polen veranlaßten meine Projecte zu einem geeigneten zweiten Pyrheliometer mit dem Sonnenbilde, und gründeten sich auf meine ersteren Wärmemessungen von der ganzen Sonnenstrahlung, welche (wenn sie mir auch noch nicht als genau genug zur Veröffentlichung genügten) zu vorläufigen Berechnungen dienten, die mir den Weg zu solchen Vermuthungen zeigten, und die Veranlassung zu einer bildlichen Darstellung von einer den *Sonnenkörper voreilend rotirenden Sonnenatmosphäre* gaben. Sie muß etwa in 10 bis 20 Sonnenradien Höhe (gegen den Aequator am höch-

sten) über der leuchtenden Oberfläche ihre *größte Dichtigkeit, und nach unten wie nach oben eine geringere Dichtigkeit besitzen* ¹⁾).

Diese Zeichnung hatte ich bei gelegentlicher Unterredung mit dem Astronomen Hrn. J. F. J. Schmidt über die letzte von ihm beobachtete totale Sonnenfinsternis demselben gezeigt, welcher sich beim Lesen der Nachricht über die Wärmemessungen vom Hrn. Professor etc. Secchi 1852 Mai 8 „unwillkürlich meiner Zeichnung über die Gestalt und Extension der Sonnenatmosphäre erinnerte“, und mir kurz das damit übereinstimmende Resultat jener Messung brieflich (1853 Jan. 27) mittheilte: „wie von Nord nach Süd vom Mittelpunkte gemessen,

$$+ 15'; + 11',3; + 3',0; + 1',3; - 10',9; - 14',9;$$

die relative Wärme-Intensität

$$= 57^{\circ},4, 88^{\circ},8; 100^{\circ},0; 99^{\circ},5; 81^{\circ},3; 54^{\circ},3$$

sey.“

Im weiteren Verfolge ähnlicher Messungen ist nun die nähere Aufklärung über den heißesten Sonnenpunkt zu erwarten, oder es ist die Bestimmung des Hrn. Dr. Buys-Ballot und meine Vermuthung über den heißesten Punkt in der bezeichneten nördlichen Zone nur noch vollständiger zu bestätigen, — woran ich nicht mehr zweifeln kann, indem schon (bei weniger genauen Messungen), während die heißeste Seite (Juni 28) sehr nahe entgegengesetzt oder westlich in der nördlichen Zone befindlich war, ein gleichbedeutendes Resultat gefunden ist.

(Die ausführlicheren Fortsetzungen werden folgen.)

- 1) Diese Andeutung wird nicht allein ganz neu, sondern auch fabelhaft erscheinen; meine späteren Nachweisungen werden dieses Resultat aber verständlich herausstellen.

III. Ueber das Verhalten des Schwefelarseniks gegen kohlsaures Alkali; von Heinrich Rose.

Ehe das Cyankalium als Reductionsmittel des Schwefelarseniks angewandt wurde, pflegte man aus demselben nach Berzelius Vorschlag das Arsenik auf die Weise metallisch abzuscheiden, dass man es mit kohlsaurem Natron mengte, und das Gemenge in einer Glasröhre in einer Atmosphäre von Wasserstoffgas erhitzte. Es setzte sich dann metallisches Arsenik in dem kälteren Theile der Röhre ab.

Berzelius war der Meinung, dass sich hierbei ein Arseniksulphidsalz bilde, welches sich in ein Wasserstoffsulphidsalz verwandele ¹⁾. Das ist indessen nicht der Fall. Man erhält auch metallisches Arsenik, wenn man das Schwefelarsenik $As S^3$ mit kohlsaurem Natron gemengt, in einer kleinen Glasröhre zusammenschmelzt, ohne dabei einen Wasserstoffgasstrom zu benutzen. Auch bedient man sich schon seit sehr langer Zeit, wenn man schnell einen Arsenikgehalt in einer kleinen Menge von Schwefelarsenik nachweisen will, der Methode, dass man dasselbe mit kohlsaurem Natron gemengt in der Löthrohrflamme auf Kohle schmelzt, wobei sich der bekannte Arsenikgeruch zeigt.

Ich habe mehrere Versuche angestellt um auszumitteln, welche Zersetzungen hierbei vor sich gehen.

Wird Schwefelarsenik $As S^3$ mit einem feuerbeständigen kohlsauren Alkali geschmolzen, so erhält man eine braune Masse, welche beim Erkalten fast weiss wird. Um die Masse des Porcellantiegels oder des Glases so wenig wie möglich anzugreifen, wurde zum Schmelzen bei diesem und den folgenden Versuchen das bekannte Gemenge gleicher Atomgewichte von kohlsaurem Kali und kohlsaurem Natron angewandt, welches schon bei niedriger Temperatur schmilzt. Die Lösung der geschmolzenen Masse in Wasser war klar, nur manchmal blieb eine sehr geringe Menge eines

1) Berzelius Lehrbuch, 4. Aufl. Bd. 3, S. 76.

schwarzen Pulvers ungelöst, das aus Arsenik bestand, welches sich nicht ganz vollständig verflüchtigt hatte. Nachdem die Lösung mit Ammoniak versetzt worden war, wurde durch salpetersaures Silberoxyd Schwefelsilber gefällt. Die von demselben getrennte Flüssigkeit, mit Salpetersäure gesättigt, liefs braunes arseniksaures Silberoxyd fallen.

Beim Schmelzen des Schwefelarseniks As S^3 bildet sich also ein Schwefelsalz desselben mit dem alkalischen Schwefelmetall, in welchem aber das Schwefelarsenik As S^3 in die Schwefelverbindung As S^5 unter Abscheidung von metallischem Arsenik verwandelt worden ist. Aus 5 At. As S^3 bilden sich 3 At. As S^5 , während 2 At. metallisches Arsenik entweichen. Es geschieht dies in Folge einer prädisponirenden Verwandtschaft, indem das Sulphid As S^5 eine gröfsere Verwandtschaft hat sich mit dem alkalischen Schwefelmetalle zu einem Schwefelsalze zu verbinden, als As S^3 . Das höchste Sulphid des Arseniks zersetzt sich durch das kohlensaure Alkali in ein Schwefelsalz, und in arseniksaures Natron. Wird nach dem Schmelzen die Lösung der geschmolzenen Masse mit Ammoniak und darauf mit salpetersaurem Silberoxyd behandelt, so wird nur Schwefelsilber gefällt, und es löst sich arseniksaures Silberoxyd auf, welches aus dem arseniksauren Natron der geschmolzenen Masse, und durch Auflösung des im Schwefelsalze enthaltenen Sulphids As S^5 in Ammoniak sich gebildet hatte. — Es erzeugt sich hierbei kein arsenichtsames Silberoxyd, wenigstens nicht wenn das Schwefelarsenik As S^3 vollständig mit dem kohlensauren Alkali zusammengeschmolzen war.

Schmelzt man das Schwefelarsenik As S^3 mit einem Gemenge von kohlensaurem Kali und kohlensaurem Natron in einer Kugelhöhre in einem Wasserstoffgasstrom, so erhält man einen starken Spiegel von metallischem Arsenik. Die Masse ist während des Schmelzens braun, nach dem Erkalten lichter von Farbe, fast weifs; aber sie enthält noch viel Arsenik, so dafs auf diese Weise nur ein etwas gröfserer Theil desselben aus dem Gemenge verjagt worden ist, als durch das blofse Schmelzen mit kohlensaurem Alkali,

ohne Einwirkung von Wasserstoffgas. Die wässrige Lösung mit Ammoniak und mit salpetersaurem Silberoxyd behandelt, giebt, nachdem das Schwefelsilber abfiltrirt worden, eine Lösung, welche sowohl arsenichtsaurer als auch arseniksaure Silberoxyd enthält.

Man kann sich von der Gegenwart beider Silberoxydsalze, des arsenichtsaurer und des arseniksauren, in einer ammoniakalischen Lösung überzeugen, wenn man zu derselben vorsichtig Salpetersäure hinzufügt. Es fällt zuerst der gelbe Niederschlag des arsenichtsaurer Silberoxyds, und dann der braune des arseniksauren Salzes. Der Niederschlag beider Silberoxydsalze ist immer braun, selbst wenn in der Mengung das arsenichtsaurer Silberoxyd vorwaltet. Ist die Mengung durch Salpetersäure gelöst worden, so fällt durch vorsichtiges Hinzusetzen von Ammoniak ein brauner Niederschlag, der aber gelb wird, wenn eine geringe Menge des Ammoniaks mehr hinzugefügt worden ist.

Das Schwefelarsenik AsS^5 , wenn es mit einem alkalischen Schwefelmetall zu einem Schwefelsalze verbunden ist, wird durchs Erhitzen in einem Strome von Wasserstoffgas nicht verändert. Denn in den alkalischen Schwefelsalzen des Arseniks wird das Schwefelarsenik durch Wasserstoffgas bei erhöhter Temperatur nicht angegriffen. Wurde Schwefelarsenik AsS^3 mit einem Gemenge von Schwefel und von kohlensaurem Kali und kohlensaurem Natron in einer Kugelhöhre in einem Strome von Wasserstoffgas geschmolzen, so verflüchtigte sich nur der überschüssige Schwefel aber keine Spur von Arsenik; das in letzterem Falle abgeleitete Wasserstoffgas war so rein von Arsenik und von Arsenik-Wasserstoffgas, dafs, nachdem es angezündet worden, keine Arsenikflecke auf weifsem Porcellan hervorgebracht werden konnten.

Der Grund, weshalb nach dem Schmelzen von Schwefelarsenik AsS^3 und von kohlensaurem Alkali in einem Strome von Wasserstoffgas nach der Behandlung der geschmolzenen Masse mit Ammoniak und salpetersaurem Silberoxyd sich neben dem arseniksauren Silberoxyd auch arsenichtsau-

res Silberoxyd zeigt, während, wenn das Gemenge im Porcellantiegel oder in der Glasröhre und nicht in einem Strome von Wasserstoffgas geschmolzen wird, dieß nicht der Fall ist und nur arseniksaures Silberoxyd erhalten wird, ist der, daß das in der geschmolzenen Masse enthaltene arseniksaure Alkali durch das Wasserstoffgas bei erhöhter Temperatur zersetzt wird. Wird wasserfreies arseniksaures Natron in einem Strome von Wasserstoffgas erhitzt, so verflüchtigt sich sehr viel metallisches Arsenik, das sich als ein starker Metallspiegel an den kälteren Stellen der Glasröhre absetzt. Das weggehende Wasserstoffgas enthält aber kein Arsenikwasserstoffgas, sondern nur Spuren von Arsenikdampf; es bildet daher angezündet keine oder äußerst schwache Arsenikflecke auf weißem Porcellan. Das arseniksaure Salz schwärzt sich zuerst, wird aber durch längeres Erhitzen wieder weiß. Nachdem der Versuch längere Zeit fortgesetzt worden war, wurden die ganz weißen Stücke des zersetzten arseniksauren Natrons untersucht. Die Lösung derselben im Wasser bläute stark das Lackmuspapier, und gab mit salpetersaurem Silberoxyd einen braunen Niederschlag, der aber aus einer Mischung von arseniksaurem und von arsenichtsauerm Silberoxyd bestand.

Würde der Versuch weiter fortgesetzt worden seyn, so hätte man noch mehr Arsenik aus dem Salze austreiben können. Soubeiran hat das arseniksaure Natron durchs Erhitzen in einem Strome von Wasserstoffgas in Natronhydrat verwandelt ¹⁾.

Wird das Schwefelarsenik As S^5 mit einem Gemenge von kohlensaurem Kali und kohlensaurem Natron in einem Glaskölbchen geschmolzen, so erhält man kein Sublimat, und es bildet sich kein Spiegel von metallischem Arsenik. Es erzeugt sich neben arseniksaurem Alkali das Schwefelsalz des höchsten Arseniksulphids mit dem alkalischen Schwefelmetall.

Schmelzt man hingegen das Schwefelarsenik As S^5 mit

1) C. Gmelins Handbuch, 4. Aufl. Bd. II, S. 720.

dem kohlensauren Alkali in einem Strome von Wasserstoffgas, so bildet sich ein starker Spiegel von sublimirtem metallischen Arsenik. Während das durchs Schmelzen gebildete Schwefelsalz des Arsens im Strome des Wasserstoffgases unzersetzt bleibt, wird das entstandene arseniksaure Alkali reducirt, und es sublimirt sich metallisches Arsenik.

Nicht blofs mittelst des Wasserstoffgases kann aus einer Mischung von kohlensaurem Alkali und dem Schwefelarsenik AsS^3 ein Theil des Arsens metallisch abgeschieden werden, sondern auch mittelst Kohlenpulvers, das aus dem arseniksauren Alkali das Arsenik wie das Wasserstoffgas bei erhöhter Temperatur reducirt. Die Anwendung desselben ist leichter und bequemer, da man das Gemenge nur in einem kleinen Glaskölbchen zu erhitzen braucht.

Durchs Schmelzen des Schwefelarsens mit kohlensaurem Alkali in einem kleinen Glaskölbchen kann man daher die beiden Arten des Schwefelarsens AsS^3 und AsS^5 , welche so viele Aehnlichkeit in der Farbe, in den Eigenschaften und in dem Verhalten gegen Reagentien zeigen, leicht und sicher von einander unterscheiden. Ersteres giebt dabei einen Spiegel von Arsenik, letzteres nicht. Ich kenne keine Methode, durch welche besser und schneller beide Schwefelverbindungen erkannt werden könnten. Das Verfahren, dessen ich mich bis jetzt bedient habe, bestand darin, daß ich das Schwefelarsenik in Ammoniak löste, und die Auflösung mit salpetersaurem Silberoxyd im Ueberschuß versetzte; nach Absonderung des entstandenen Schwefelsilbers, und Sättigung der filtrirten Flüssigkeit mittelst Salpetersäure erhält man einen gelben Niederschlag von arseniksaurem Silberoxyd, wenn AsS^3 , eine braune Fällung hingegen von arseniksaurem Silberoxyd, wenn AsS^5 angewandt worden war. Es ist indessen zu bemerken, daß wenn das Schwefelarsenik AsS^3 mit Schwefel gemengt wird, man nach dieser Behandlung einen braunen Niederschlag von arseniksaurem Silberoxyd er-

hält, und auch keinen Spiegel von metallischem Arsenik darstellen kann, wenn man das Gemenge in einem Glas-kölbchen mit kohlensaurem Alkali schmelzt.

Während daher das kohlensaure Alkali nur aus dem Schwefelarsenik AsS^3 durchs Schmelzen einen Theil des Arsensiks metallisch auszuscheiden vermag, und nicht aus AsS^5 , kann das Cyankalium, wegen Bildung von Rhodankalium aus beiden Arten des Schwefelarsensiks durchs Schmelzen Arsenik absondern ¹⁾.

IV. *Experimentelle physikalische Mittheilungen;* *von Dr. Otto Seyffer zu Tübingen.*

a) Ueber Lichtpolarisation.

Bei einer größeren Anzahl geglühter und nachher schnell abgekühlter Glasstücke, welche ich zum Vorzeigen der bekannten von Brewster und Seebeck entdeckten farbigen Polarisationserscheinungen in meinen Vorlesungen benutze, beobachtete ich merkwürdige Eigenschaften. Hält man dieselben nämlich in freier Luft so, dass das auf dieselben fallende Licht reflectirt wird, die Oberflächen also eine spiegelnde Fläche bilden, so kommen dieselben schwarzen Kreuze mit den Pfauenaugen und Farbenringen zum Vorschein, wie wenn die Glasstücke in einen Polarisationsapparat gebracht werden, ohne dass also ein künstlich polarisierter Lichtstrahl darauf fällt und sie mit dem sogenannten analysirenden Mittel betrachtet werden. Diese Erscheinung war mir um so auffallender, als ich weder finden konnte, dass sie schon vorher von einem der vielen Kenner der Polarisationserscheinungen wahrgenommen worden war, noch dass bloß einzelne dieser Glasstücke,

1) Pogg. Ann. Bd. 90, S. 195.

vielmehr alle ohne Ausnahme das Farbenbild, jedoch in gröfserer oder geringerer Intensität zeigten.

Die Farbenerscheinungen treten bei jeder Witterung ein, bei reinem und unbewölktem Himmel; sie erreichen aber nur eine ähnliche Intensität wie im Polarisationsapparat, wenn die Luft schön blau und klar erscheint, besonders des Abends bei untergehender Sonne. Bei bewölktem Himmel sind sie ziemlich schwach, bei vollständig trüber und regnerischer Witterung kommen nur Spuren zum Vorschein. Das Farbenbild wird nie wahrgenommen, wenn ein Sonnenstrahl auf das Glas fällt, ebenso wenig, wenn der Hintergrund, den man durch das Glas erblickt, von der Sonne beschienen wird. Ist dieser aber gelb, blau, roth u. s. w., so thut dieses den Farbenringen wenig Eintrag, dieselben treten jedoch am schönsten hervor, wenn er grau oder weifs ist. An den hellen September- und Octoberabenden des Jahres 1849 machte ich die Wahrnehmung zum ersten Mal und seitdem war die Intensität der Farben nie mehr so bedeutend.

Da sich die Glasstücke, welche die Erscheinung besonders schön und auffallend zeigen, wegen ihrer Kleinheit durch die Hand, ohne beschmutzt zu werden, nicht sehr gut drehen und in die gehörige Richtung stellen lassen, so habe ich zur geeigneten Wahrnehmung derselben ein kleines Gestell eingerichtet, durch welches man sowohl die Ebene der Glasstücke in einen beliebigen Neigungswinkel stellen kann, damit sie eine spiegelnde Fläche bilden, als auch dieselben selbst unter allen beliebigen Winkeln drehen kann.

Dasselbe besteht aus einem kleinen Ständer Taf. III, Fig. 9, wie man ihn zur Aufstellung von Prismen manchmal verwendet mit einem durch ein Kugelgewinde *a* beweglichen Arm. Dieser Arm trägt an seinem Ende einen Metallring *de* mit einer Eintheilung von 90° . In diesen Ring paßt ein zweiter *bc* übergreifend ein und kann in dem ersten um jeden beliebigen Winkel gedreht werden, den dann ein kleiner Strich *gh* angiebt. In diesem Ring

ist durch einen viereckigen Aufschnitt *f* das Glasstück befestigt, wie dieses geschieht, weist Fig. 10 nach; sie ist die Rückseite der beiden in einander passenden Ringe. Das Glasstück *g* wird in die viereckige Oeffnung gelegt und dann die zwei durch Schrauben fest anliegende Riegel *cd* gegen dasselbe geschoben, so daß es sich nicht hin und her bewegen kann; der kleinere Ring *cd* wird nun von oben in den größeren *ab* gelegt und dann die zwei Riegelchen *ef* vorgeschoben, damit er bei der Drehung in der Kugelwindung nicht nach oben herausfallen kann. Fig. 11 ist der Durchschnitt der beiden Ringe und des Glasstückes, wie sie in einander liegen, *ab* der äußere, *cd* der innere Ring, *e* das Glasstück und *f* und *g* die beiden Riegel, welche das Glasstück an seinem Rande festhalten.

Wird nun das Gestell auf einen Tisch gebracht und der Arm, welcher den Ring und das Glasstück trägt, so gestellt, daß die Fläche des letzteren eine spiegelnde ist, so sieht man in einer gewissen Entfernung, je nach der Stärke des Auges, indem man von oben herabschaut, sogleich die farbigen Bilder; wird nun der Ring, in welchem das Glasstück befestigt ist, um 45° gedreht, so verschwindet nach und nach das Farbenbild gänzlich, kommt bei 90° wieder zum Vorschein, verschwindet wieder bei 135 , 225 , 315 und zeigt sich bei 180 , 270 und 360 Graden, gerade wie im Polarisationsapparate und wie es dünne, mit der Krystallisationsaxe parallel geschnittene Gypsplättchen zeigen. Bei verschiedenen künstlichen Beleuchtungen, wie z. B. durch Kalklicht, habe ich die Erscheinung nicht wahrnehmen können.

Die Erklärung dieser Erscheinung hat ihre besondere Schwierigkeit; die Grundlage ist allein in dem polarisirten Lichte, welches durch die Luft, die Wolken u. s. w. reflectirt wird, zu suchen; meine Untersuchungen darüber sind noch nicht weiter gediehen, auch hatte ich keine Zeit, die Bedingungen, unter welchen sie eintritt, der Rechnung zu unterwerfen. Das Gestell mit den Glasstücken ist wohl

der einfachste Polarisationsapparat und letztere können vielleicht dazu dienen, die Stärke der Polarisation des in der Atmosphäre reflectirten Sonnenlichtes zu bestimmen, da je nach der Klarheit derselben die Farbenbilder einen so auffallenden Unterschied zeigen. Merkwürdige Erscheinungen, welche bei der Reflection eines Sonnenbildes von solchen gehärteten Glasstücken stattfinden und die ich mit einem Fernrohre im Spiegel betrachtete, werde ich bekannt machen, sowie ich sie näher untersucht habe.

b) Einfacher Apparat zur Anstellung der Plateau'schen Versuche mit einer der Erdschwere entzogenen Oelmasse.

Die Versuche Plateau's über die Rotation einer der Erdschwere entzogenen Oelmasse, welche derselbe im Jahr 1846 in dem XVI. Bande der *Mémoires prés. à l'acad. roy. de Bruxelles* bekannt machte ¹⁾, sind von wenigen Physikern wiederholt worden, während sie wohl zu den interessantesten Entdeckungen gerechnet werden könnten, welche in den letzten Jahren geschahen. Der Versuch ist ein doppelt schwieriger, einestheils wegen Herstellung eines geeigneten Apparates, andernteils wegen der Mischung der weingeistigen Flüssigkeit und der Eingießung des Oels; ferner bringt der Umstand, daß sich bei länger fortgesetzter Rotation die Oelmasse in unzählig kleine Oelkugeln vertheilt, vielfache Hindernisse für die augenblickliche Fortsetzung der Versuche mit sich. Ich habe gesucht, den Apparat zur Anstellung dieser Versuche so einfach als möglich herzustellen; ich verwendete dazu einen quadratischen Kasten von Spiegelglas, dessen Scheiben in messingene Rahmen eingeschraubt und mit gewöhnlichem Glaserkitt nach Innen eingekittet sind. Die obere Scheibe *ab* (Taf. III, Fig. 12) hat in der Mitte eine runde Oeffnung *c* zur Einbringung der Flüssigkeit, die mit einem fest aufliegenden Deckel geschlossen werden kann. Nach unten ist der Kasten durch die Messingplatte *de* verschlossen und nur in der Mitte bei *f* befindet sich eine kleine Oeffnung. Der ganze Kasten

1) S. Ann. Ergänzb. II, S. 249.

wird nun auf eine Nearne'sche Schwungmaschine so aufgesetzt, daß durch die Oeffnung *f* die Spindel dieser Maschine in den Kasten hineinragt. Die drei starken Messingstäbe *gh*, *i* und *kl* passen in Löcher ein, welche in das Gestell der Schwungmaschine gebohrt werden, um dem Ganzen eine feste Stellung zu geben. Damit neben der bei *f* in den Kasten hineinragenden Spindel keine Flüssigkeit ablaufen könne, geht dieselbe durch eine mit Leder ausgefütterte Stopfbüchse *mn*, und unten bei *o* befindet sich die kleine Rolle der Schwungmaschine. Um nun die Versuche anzustellen, wird der Kasten auf die Schwungmaschine aufgesetzt, mit der vorher ihrem specifischen Gewichte nach genau bestimmten Weingeist-Wassermischung gefüllt, alsdann wird das an der Axe *pq* befindliche Scheibchen *r* von oben durch die Oeffnung in eine kleine Vertiefung der hervorragenden Spindel *f* gesteckt und die Oelmasse mittelst eines Metallstäbchens sehr langsam und vorsichtig so eingegossen, daß sie sogleich an dem Scheibchen adhärirt. Hält man nun die in der Stopfbüchse sich drehende Spindel gut eingeölt, so gelingen durch Umdrehung der großen Rolle der Schwungmaschine die Versuche sehr leicht. Auch das Einbringen von Scheibchen von verschiedener Größe unterliegt durchaus keiner Schwierigkeit, man nimmt nur den Deckel *c* ab, zieht das Scheibchen an seiner Axe heraus und steckt ein neues an seine Stelle in die Oeffnung der Spindel.

Alle von Plateau angestellten Versuche gelingen mit dieser Einrichtung aufs Vollkommenste, besonders schön gelang mir mit einer 5 Centim. breiten Scheibe die Zertheilung des Ringes in größere rotirende Kugeln, um die sich wieder kleinere, beinahe wie Satelliten bewegten. Mehrmals gelang es mir auch, einen doppelten Ring durch die Rotation dieser Scheibe herzustellen, derselbe stellte sich dar wie Fig. 13 zeigt; doch konnte ich vieler darüber angestellten Versuchen ungeachtet die Bedingungen nicht auffinden, unter denen diese Erscheinung eintritt. Wird die Rotation der Oelmasse noch sehr lange fortgesetzt, wenn

sich schon der Ring in Kugeln zertheilt hat, so bildet nach und nach das Oel eine ungemein grofse Masse von gröfseren Oelkugeln, 1 — 2 Centim. im Durchmesser bis zu den kleinsten, kaum sichtbaren, die sich alle in der Weingeistmischung bewegen. Anstatt Olivenöl, das sich allzu leicht in eine grofse Menge von kleinen Kugeln zertheilt, verwendete ich feines Knochenöl, wie ich es zum Einschmieren meiner Luftpumpen verwende; dasselbe bildet eine weit mehr zusammenhängende Masse, die, wenn sie sich vertheilt hat, sehr leicht wieder vermöge eines kleinen Metallstabes in eine Kugel vereinigt werden kann.

Wenn die ganze Vorrichtung nicht mehr gebraucht werden soll, so kann man den Kasten von der Schwungmaschine abheben und lange Zeit hindurch gefüllt stehen lassen. Damit nun durch die Oeffnung der Stopfbüchse keine Flüssigkeit ablaufe, hebt man zuerst den ganzen Kasten etwas in die Höhe, zieht die Scheibe heraus und steckt in die Oeffnung den Schlüssel Fig. 14, in welchen unten eine Schraubenwindung eingeschnitten ist, die Flüssigkeit ist dadurch von der atmosphärischen Luft vollkommen abgeschlossen und läfst sich so Jahre lang erhalten.

Will man je die Ergebnisse der Versuche, welche man mit diesem Apparate anstellen kann, mit den Erscheinungen an den Himmelskörpern in Vergleichung ziehen, so liefsen sich schöne und wohl zu rechtfertigende Hypothesen über die Bildung derselben aufstellen. Denkt man sich die Weltkörper ursprünglich als flüssige Massen, auf welche noch keine andere anziehende Kraft, als die Cohäsion wirkte, und nimmt man an, diese Massen seyen durch eine rasch auf sie einwirkende Kraft in Rotation versetzt worden, also die ähnlichen Bedingungen, unter welchen sich die Oelmasse in der Weingeist-Wassermischung befindet, so kann sich aus dieser flüssigen Masse zuerst eine abgeplattete Kugel gebildet haben, von deren Aequator sich ein Ring losriß, dieser Ring löste sich in Kugeln von verschiedener Gröfse auf, an die sich wiederum theilweise kleine Kugeln anlegten. Man hätte so die Bildung eines

ganzen Planetensystems. Die Zertheilung der Oelkugel in unendlich viele grössere und kleinere Kugeln würde vielleicht mit den Nebenflecken Aehnlichkeit haben, unter denen überhaupt Gestalten vorkommen, die auf Ringformen hinweisen. Dieses sind jedoch lauter Hypothesen, auf welche ich mich nicht näher einlassen will und kann ¹⁾).

c) Versuche über Dampfelektricität.

Seit Armstrong die Elektricitätsentwicklung durch Wasserdampf erstnals bekannt gemacht und Faraday hierauf seine Dampfelektrisirmaschine begründet hatte, sind eine Menge von widersprechenden Thatsachen und Angaben darüber gemacht worden. Hievon führe ich insbesondere die Angabe von Faraday an, die er auf Versuche an seiner Hydroelektrisirmaschine gründete: dafs, wenn kein Gefäfs mit Wasser vorhanden sey, durch welches der Dampf strömen könne, keine Elektricität entwickelt werde, wenn aber das Gefäfs, durch welches der Dampf ströme, soweit mit Wasser gefüllt sey, dafs Wasser durch den Dampf mit fortgerissen werde, eine Fülle von Elektricität erscheine.

Um hierüber weitere Versuche anzustellen, habe ich mir an meinem Papin'schen Topf eine Einrichtung zur Entwicklung der Dampfelektricität treffen lassen, die alle meine Erwartungen übertraf, weshalb ich vorläufig diese Einrichtung zur Kenntnifs bringe. Der Papin'sche Topf hat eine Höhe von 15 und einen Durchmesser von 13 Centm. und ist von starkem Kupferblech gefertigt. Das Ventil ist oben mit einem $\frac{1}{4}$ Pfund-Gewicht beschwert. An diesem sehr kleinen Dampfkessel brachte ich ein rechtwinklig gebogenes Rohr von 15 Centm. Höhe an (*abc* Fig. 15), das bei *d* durch einen Hahn verschlossen werden kann. An die

1) Hr Mechanikus Seeger in Stuttgart fertigt um billigen Preis die ganze von mir angegebene Einrichtung zur Herstellung der Plateau'schen Versuche und paßt sie den zu vielen anderen Versuchen nothwendigen Schwungmaschinen an.

die Mündung dieser Röhre bei *c* wird eine Oeffnung *ce* zum Ausströmen des Dampfes gesteckt, welche in Fig. 16 vergrößert im Durchschnitte dargestellt ist. Wird nämlich der Hahn *d* geöffnet, so strömt der Dampf des Kessels durch die rechtwinklig gebogene Röhre *abc* nach *a* Fig. 16, gelangt dort durch eine schiefe Bohrung nach *b*, stößt sich dort an der Wandung und durchläuft so nach einander *c* *d* und *e*, bis er bei der Mündung *f* ausströmen kann. Diese Mündung ist wie die Röhre *abc* Fig. 15 von Messing gearbeitet, im Innern aber von *bcd* bis nach *f* Fig. 16 mit Holz ausgefüttert. Nachdem sich nun der Dampf an diesen Holzstücken stark gerieben hat, strömt er durch *f* nach dem auf einer Glassäule ruhenden Conductor Fig. 17, der eine Länge von 25 Centm. hat, und stößt sich bei *a* auf einen Ring von Messing, der keine Saugspitzen hat, vielmehr nur ein grobes Drahtgitter von 5 Centm. Durchmesser einschließt.

Ich versuchte die verschiedensten Ausströmmündungen und fand diese von der größten Wirkung; ebenso brachte ich an dem Conductor sehr verschiedene Auffangvorrichtungen mit Saugspitzen und Drahtgittern an, die mit Saugspitzen versehen waren; stets zeigte sich aber dieses einfache Drahtgitter am wirksamsten.

Die Effecte nun, die ich mit diesem kleinen und einfachen Apparat erzielte, sind folgende. Bei der Spannung des Dampfes von $\frac{1}{2}$ Atmosphäre, welche ich an einem oben an dem Papin'schen Topfe angebrachten Manometer maß, zeigten sich die ersten Spuren von Elektricität am Blattgoldelektrometer, bei 3 Atmosphären konnte man eine Flasche von $\frac{1}{2}$ □ Belegung sehr leicht laden, wenn der Dampf 30 Sekunden bis 1 Minute lang auf das Drahtgitter strömte. Bei dieser Spannung, ja schon bei $2\frac{1}{2}$ Atmosphären, konnte man aus dem kleinen Conductor im Momente des Dampfausströmens $\frac{1}{2}$ zöllige Funken ausziehen. Die Elektricitätsentwicklung bei den verschiedenen Spannungen des Dampfes maß ich vor der Hand an dem Quadrantelektrometer und erhielt folgende Resultate:

Spannung in Atmosphären.	Grade am Quadrantelektrometer.
$\frac{1}{2}$	4
$\frac{3}{4}$	22
1	28
$1\frac{1}{2}$	38
2	80
$2\frac{1}{2}$	85
3	90.

Um die Faraday'sche Annahme zu prüfen, liefs ich den Dampf durch ein Gefäfs mit Wasser strömen, die Effecte wurden aber dadurch eher geschwächt als vergrößert. Wenn man daher bei der Dampfelektricität eine Reibung der Wassertheilchen annimmt, so kann diese allein durch das in der Röhre und Ausströmmündung condensirte Wasser geschehen; immerhin wird aber auch die Reibung des Dampfes unmittelbar an den vielen Wandungen der Ausströmmündung Elektricität erzeugen, denn sonst müßten auch andere Mündungen, in welchen dem Dampfe weniger Gelegenheit zum Reiben gegeben war, wie ich sie vielfach anwendete, ähnliche Effecte geliefert haben, was durchaus nicht der Fall war.

Zu bemerken habe ich noch, dafs der Papin'sche Topf nur mit 2 württemb. Schoppen Wasser gefüllt war und dafs Hr. Mechanikus Dollinger in Tübingen die ganze Vorrichtung sammt Papin'schem Topf und Conductor um den Preis von 25—30 fl. zu liefern sich bereit erklärt hat.

d) Ueber die Figuren des sphäroidalen Flüssigkeitstropfen und ihren Zusammenhang mit den Klangfiguren.

Hr. J. Schnauß machte in dem 79. Bande der Poggendorff's Annalen neue Wahrnehmungen über den Leidenfrost'schen Versuch bekannt, welche darin bestehen, dafs der Wassertropfen auf einer rothglühenden Platinplatte mit einem Platindrahte in Berührung und zur Ruhe gebracht, nach dessen Entfernung regelmäßige Figuren zeigt. Ich habe diese Erscheinung schon vor längerer

Zeit wahrgenommen, würdigte sie aber erst einer näheren Untersuchung, nachdem ich den Aufsatz des Hrn. Schnaafs gelesen hatte; in folgendem gebe ich kurz eine Darstellung der von mir gefundenen neuen Thatsachen.

1) Hr. Schnaafs konnte die Erscheinung der Figuren nur darstellen, wenn er in den im sphäroidalen Zustand befindlichen Wassertropfen einen Platindraht oder feinen Glasstab brachte, von welchem dann eine Wellenbewegung ausging, welche diese Figuren zu Folge hatte. Ich fand, daß die Erscheinung der Figuren, wie ich es auch schon früher bemerkt hatte, vollkommen unabhängig von dem Einstecken eines Platindrahtes ist, vielmehr unter allen Umständen eintritt, wenn gerade die Gröfse des nach und nach verdampfenden Wassertropfens geeignet hierzu ist. Ich stellte den Versuch mit einem dünnen Platinblech an, das $5\frac{1}{2}$ Cent. im Durchmesser und eine schwache concave Biegung hat. Dieses Blech halte ich an einer Pincette, die an einem Ständer befestigt ist, über die Flamme einer gewöhnlichen Weingeistlampe von Glas, welche das Blech hinlänglich erwärmt (ohne es glühend zu machen), um den sphäroidalen Zustand eines darauf gebrachten Wassertropfens augenblicklich eintreten zu lassen. Das Wasser bringe ich mit dem Finger oder einem Glasstabe tropfenweise auf das Platinblech und, wenn das letztere sehr blank und rein ist, ebenso das Wasser keine fremde Bestandtheile enthält, so tritt die Erscheinung der (auf Taf. III., Fig. 13 der Pogg. Ann.) von Schnaafs angegebenen Figur, jedoch nicht immer, vollkommen ein, ohne daß vorher der Tropfen in Berührung mit einem Drahte oder Glasstabe gebracht worden war. Diese Figur hängt aber nach vielen Versuchen, die ich anstellte, von der Gröfse des Wassertropfens ab; war ursprünglich der Tropfen sehr groß, etwa 2 Cent., so zeigte sich keine Spur der Figur; sowie derselbe aber die Gröfse von 9 Millim. erreicht hatte, trat jedesmal die gleiche Gestalt (Fig. 13) ein, ging bei Abnahme der Gröfse durch die Verdampfung in Fig. 14 über

und wurde zuletzt bei einem Durchmesser von 5 Millim. ganz einfach viertheilig, wie Fig. 15 a. a. O. zeigt.

2) Die Aehnlichkeit dieser Figuren mit den Klangfiguren veranlafsten mich zur Untersuchung, ob nicht diese Figuren des sphäroidalen Wassertropfens, welche, wie man deutlich sieht, durch eine Wellenbewegung des Wassers hervorgebracht werden, unter ähnlichen Bedingungen erscheinen, wie die Klangfiguren. In meiner Vorlesung, die ich diesen Sommer an hiesiger Universität über Experimentalphysik hielt, erläuterte ich den Leidenfrost'schen Versuch und bemerkte hiebei, dafs die Schnaafs'schen Wärmefiguren wahrscheinlich auch durch Schwingungen hervorgerufen werden können, die man dem Platinblech etwa durch Streichen mit einem Violinbogen mittheilen würde. Ich schritt sogleich zur Prüfung dieser Sache, befestigte eine runde Glasplatte an einer Schraubenzwinde und an diese Platte das Platinblech, welches durch dieselbe Lampe wie vorhin erhitzt wurde. Nachdem ich einen sehr grofsen 1 — 2 Cent. grofsen Wassertropfen darauf gebracht hatte, der die Erscheinung der Wärmefiguren nicht an und für sich zeigte und die Glasplatte mit dem Violinbogen anstrich, jedoch so, dafs dieselbe in langsame Schwingungen versetzt wurde, die nur ein Geräusch, nicht aber einen bestimmten Ton zeigten, so nahm der Wassertropfen augenblicklich die schönsten Figuren an, wie ich sie in den vorhergehenden Versuchen nie erhalten hatte. Er zeigte den schönsten achtstrahligen Stern, der bei Abnahme der Wassermenge in dem Tropfen ohne Zwischenglied in den vierstrahligen überging; der Unterschied zwischen den durch Streichen mit dem Violinbogen und den ohne dieses erhaltenen Figuren besteht einzig und allein in der Schönheit und Deutlichkeit derselben und in der Gröfse des Wassertropfens; beim Streichen mit dem Violinbogen nahm der Wassertropfen stets die regelmäfsige Gestaltung an, wenn ohne das Streichen keine Spur davon zu sehen war. Es scheint mir dadurch der directe Beweis geliefert zu seyn, dafs die Wärmefiguren ähnlich wie die Klangfiguren durch

Schwingungen hervorgebracht werden; wie sich aber in den Schwingungen des Wassertropfens solche Knotenlinien bilden, wie in dem Sande der Glasplatten, muß noch näher untersucht werden. Man wird bei der überhaupt sehr schwierigen Erklärung des Leidenfrost'schen Problems noch viele Schwierigkeiten zu überwinden haben, um diese Figuren genügend erklären zu können.

3) Ich richtete auch eine Vorrichtung her, um das Streichen der heißen Metallplatte mit dem Violinbogen unmittelbar bewerkstelligen zu können. Hiezu nahm ich eine sehr wenig concave Schale von Neusilber, welche einen Durchmesser von 16 Cent. hatte, erhitze sie sehr stark, jedoch ohne daß sie glühend wurde, und brachte dann sehr große Wassertropfen darauf, die 2—3 Cent. Größe hatten; solche Tropfen zeigten an und für sich gar keine Spur von regelmäßiger Gestaltung; sobald aber der Rand der Schale mit dem Violinbogen gestrichen wurde, kamen sie auf eine prachtvolle Weise zum Vorschein; der Tropfen nahm meistens nach einander alle Gestaltungen an, und hörte, wenn die Aufeinanderfolge auch nicht regelmäßig geschah, doch immer mit dem vierseitigen Sterne auf. Selbst einen 16 seitigen Stern beobachtete ich hier mehrere Mal sehr deutlich. Durch ein Glas hindurch sind die Figuren kaum wahrzunehmen, weil sich das Glas alsbald mit Wasser beschlägt; man kann sehr gut mit bloßem Auge dieselben betrachten, da nach allen meinen Versuchen die Figuren eher schöner zum Vorschein kommen, wenn die metallene Unterlage sehr heiß ist, als wenn sie glüht.

4) Da bei dem Leidenfrost'schen Versuch offenbar die Adhäsion zwischen der Flüssigkeit und der heißen Unterlage aufgehoben ist und man auch auf andere Weise die Adhäsion zwischen Flüssigkeiten und festen Körpern aufzuheben vermag, so untersuchte ich auch, ob die Wärme zur Herstellung dieser Figuren nothwendig sey. Diesem zu Folge brachte ich auf die beschriebenen Metallschalen etwas Bärlappsaamen und auf diesen einen Wassertropfen, der bekanntlich dann, wie bei dem Leidenfrost'schen

Phänomen, Kugelgestalt annimmt; bei einem anderen Versuch überzog ich die Metallschale mit einer dünnen Wachs-
schichte, auf welcher das nämliche stattfand. Wurde nun
in dem einen oder anderen Falle die Platte mit dem Violin-
bogen gestrichen, so zeigten sich zwar an den Wasser-
tropfen dieselben Wellenbewegungen, wie sie bei dem
sphäroidalen Wassertropfen des Leidenfrost'schen Ver-
suches unmittelbar vorher eintreten, ehe sich die regelmä-
ssigen Figuren bilden, von einer wirklichen Figurenbildung
war aber gar nichts zu sehen. Es scheint mir dadurch der
Beweis geliefert, dafs die Wärme zur Erzeugung dieser
Schwingungsfiguren absolut nothwendig ist und man kann
sie daher auch Wärmeschwingungsfiguren heifsen.

V. *Ueber die Bedeutung der Polarisationsebene in der Optik; von A. J. Ångström.*

(Mügetheilt vom Hrn. Verf. aus d. *Öfersigt af Kongl. Vetenskaps-
Akademiens Förhandlingar*, 1853. No. 6).

Zu den Fragen der Optik, welche in theoretischer Hin-
sicht ein großes Interesse haben, gehört ohne Zweifel die
nach der Bedeutung der Polarisationsebene, ob die Aether-
schwingungen in dieser Ebene oder winkelrecht auf ihr
geschehen. Nach den bisherigen Untersuchungen zu ur-
theilen, scheint es vergeblich zu seyn, diese Frage auf
theoretischem Wege lösen zu wollen, da die meisten Licht-
phänomene sich sowohl der einen als der anderen Ansicht
fügen. Allein es scheint, dafs ein besserer Erfolg zu hof-
fen seyn dürfte, wenn es glückte, die Frage auf ein an-
deres Gebiet hinüber zu ziehen oder die Antwort von sol-
chen Eigenschaften der Materie abhängig zu machen, die
auf nicht-optischem Wege ermittelt werden können. Es
ist diese Betrachtung, welche zu den folgenden Bemerkun-
gen Anlaß gegeben hat.

1.

Unter den Versuchen, welche auf experimentellem Wege gemacht worden sind, um die Frage nach der Polarisationssebene zu beantworten, nehmen ohne Zweifel die neuerlich von Haidinger ¹⁾ veröffentlichten eine ausgezeichnete Stelle ein. Nimmt man nämlich einen einaxigen dichroitischen Krystall, einen Turmalin, und läßt einen Lichtstrahl durch denselben gehen, so behält der ordentliche Strahl seine Farbe unverändert in allen Richtungen. Da nun in dem Fall, daß der Strahl mit der Krystallaxe zusammenfällt, die Schwingungen nothwendig einen rechten Winkel mit der genannten Axe machen müssen, so scheint die Annahme natürlich, daß der Strahl, dessen Farbe unveränderlich ist, auch seine Schwingungsrichtung unverändert behält und daß folglich die Schwingungen rechtwinklich gegen die Polarisationssebene geschehen. Allein bei näherer Untersuchung fällt das Bündige des Haidinger'schen Beweises fort.

Dieser Beweis gründet sich nämlich auf die Voraussetzung, die Absorption des Lichts beruhe ausschließlich auf der Beschaffenheit des Mediums in der Richtung, in welcher die Schwingungen geschehen, und nicht in der, in welcher der Strahl sich fortpflanzt. Aber dieß ist gerade die Hauptfrage. Denn die Frage nach der Polarisationssebene läßt sich auch so ausdrücken: Beruht die Geschwindigkeit des Lichts ganz und gar auf der Elasticität in der *Schwingungsrichtung*, oder wird sie bestimmt von der Elasticität in der Ebene, welche zugleich den *Strahl* und die *Schwingungen* enthält. Das Erstere nahm Fresnel an, das Letztere Neumann, Broch, Mac-Cullagh, u. A. Man sieht also, daß in Haidinger's Annahme, die Absorption beruhe ausschließlich auf der Schwingungsrichtung, eine *petitio principii* liegt, wodurch die beweisende Kraft derselben vernichtet wird. Indefs sind die Farbenphänomene der dichroitischen Krystalle von großem Interesse für die Theorie der Lichtabsorption, und wenn auch

1) Pogg. Ann. Bd. 86, S. 131.

die Farbe derselben nicht ausschliesslich von der Schwingungsrichtung abhängt, kann man doch voraussetzen, dass sie sich nicht durch Interferenz erklären lasse, weil diese nicht anders als in der Richtung des Strahles vorkommen kann.

Es giebt indeß eine Klasse von Phänomenen, welche in nahem Zusammenhang mit einander zu stehen scheinen, nämlich das Fortpflanzungsvermögen der Wärme und die Absorption der strahlenden Wärme.

Im Allgemeinen findet man, dass ein Körper die Wärme um so besser leitet als er atherman ist; so sind die Metalle die besten Wärmeleiter und zugleich die athermansten aller Körper. Diese beiden Eigenschaften scheinen also in einem umgekehrten Verhältniss zu einander zu stehen, ungerechnet den Einfluss, welchen die Beschaffenheit des Lichts oder der Wärme dabei ausüben kann.

Nach Knoblauch's Beobachtungen ¹⁾ ist das Verhältniss zwischen der Intensität des ordentlichen und des außerordentlichen Strahls, wenn polarisirtes Sonnenlicht durch eine Platte von nachstehenden Krystallen geleitet wird, folgendes;

	Ordentl.	Außerordentl.
	Strahl.	
Brauner Bergkrystall	100	73
Beryll	100	21
Turmalin	100	219.

Nach Sénarmont ist das Leitungsvermögen am größten in Richtung der Krystallaxe beim Bergkrystall

größten " " " " Beryll

kleinsten " " " " Turmalin.

Vergleicht man diese beiden Resultate mit einander, so findet man, dass, wenn polarisirtes Licht oder polarisirte Wärme durch einen einaxigen Krystall in einer gegen

1) Pogg. Ann. Bd. LXXXV, S. 174. — Nach Knoblauch zeigt der farblose Bergkrystall kein ungleiches Absorptionsvermögen für das Sonnenlicht; wahrscheinlich würde sich diese Ungleichheit bei der dunklen Wärme zeigen.

dessen Hauptaxe winkelrechten Richtung geht, der Strahl in größerem und geringerem Verhältniß absorbirt wird, je nachdem seine Polarisationssebene zusammenfällt mit der Axe des kleinsten oder der des größten Leitungsvermögen.

Allein wenn auch das Gesetz nicht diese allgemeine Gültigkeit besitzen sollte, — was künftige Beobachtungen entscheiden mögen, — so gilt es doch wenigstens für die angeführten Krystalle; und wenn man dann annimmt, daß eine größere Absorption einem besseren Leitungsvermögen entspricht, und nicht umgekehrt, was man für übrigen gleiche Umstände wohl annehmen kann, so folgt, daß die Schwingungen in einer auf der Polarisationssebene rechtwinklichen Richtung geschehen müssen.

Im Zusammenhange mit Obigem will ich auch einige von mir im Sommer 1851 angestellte Untersuchungen anführen.

Die Intensität der von einem Körper ausstrahlenden Wärme muß abhängen 1) von der Vibrationsschnelligkeit der Molecule und 2) von der Tiefe, welche unter der strahlenden Fläche noch an der Strahlung Theil nimmt, also von der Absorption des Mediums. Denkt man sich nun einen Krystall, dessen Elasticität nach verschiedenen Richtungen ungleich ist, so ist es nicht nothwendig, daß die Vibrationsschnelligkeiten der Theilchen in allen Richtungen dieselbe sey, woraus wiederum folgt, daß die Wärme, welche von der Oberfläche eines Krystalles ausstrahlt, sich mehr oder weniger polarisirt erweisen kann. Man erhielte also genau das Entsprechende zwischen den Phänomenen, welche einerseits Licht und strahlende Wärme bei der Reflexion und Doppelbrechung zeigen, und welche man andererseits bei dem Licht und der Wärme findet, wenn die Ausstrahlung von einer unkrystallisirten Oberfläche in schiefer Richtung geschieht oder von einer krystallisirten mit ungleichen Elasticitätsaxen in einer gegen die Strahlungsoberfläche rechtwinklichen Richtung. In allen diesen Fällen nämlich würden sich die Strahlen mehr oder weniger polarisirt erweisen müssen.

Um die Richtigkeit dieser Voraussetzung zu prüfen, habe ich mit folgenden Krystallen experimentirt: Bergkrystall, Turmalin, Feldspath und Gyps.

Der Krystall wurde in einer Messinghülse befestigt und mittelst einer Weingeistlampe erhitzt. Zwischen der strahlenden Oberfläche und dem Thermomultiplikator war ein Polarisationsapparat aufgestellt, bestehend aus drei Glimmerblättern, die so gefasst waren, daß sie unter constantem Winkel mit dem durchgehenden Strahl herumgedreht werden konnten, man also ihren Hauptschnitt successive auf die beiden thermischen Elasticitätsaxen des Krystalls, welche in der strahlenden Oberfläche lagen, einstellen konnte.

Der Versuch mit Bergkrystall, Turmalin und Feldspath zeigte indess bei der einen oder anderen Stellung der Glimmer keinen Intensitätsunterschied, woraus folgt, daß auch die Wärme keine merkbare Spur von Polarisation besaß. Das Resultat widersprach also der gemachten Voraussetzung, daß bei einem Krystall mit ungleichen Elasticitätsaxen die Vibrationsschnelligkeit der Molecule verschieden sey in verschiedenen Richtungen; untersucht man aber die Sache näher und vergleicht es mit dem zuvor über das Absorptionsvermögen dieser Krystalle Angeführten, so kommt man zu einem entgegengesetzten Resultat.

Der Turmalin z. B. absorbirt den ordentlichen Strahl fast ganz und gar, denn auf dieser Eigenschaft beruht, wie bekannt, die Anwendung desselben als Polarisationsapparat; erhitzt man nun einen solchen Krystall und versetzt dadurch die Aethertheilchen in Bewegung, so müssen die Schwingungen, welche dem ordentlichen Strahle entsprechen, stärker absorbirt werden als die Schwingungen des anderen Strahls. Da nun bei der Wärmestrahlung von der Oberfläche aus auch die Schichten darunter bis zu einer gewissen Tiefe Theil nehmen an der Strahlung, so müßte diese Tiefe für die dem außerordentlichen Strahl entsprechenden Vibrationen größer und demgemäß auch die Intensität der letzteren größer seyn.

Soll deßungeachtet, wie der Versuch zeigt, die Intensität bei beiden Strahlen gleich seyn, wenn der Hauptschnitt des Polarisationsapparat mit der einen oder andern Elasticitätsaxe zusammenfällt, so müßte die Schwingungsschnelligkeit in der Richtung, welche mit den Schwingungen des ordentlichen Strahls zusammenfällt, größer seyn, und solchergestalt eine geringere Tiefe durch eine größere Amplitude compensirt werden.

Es kann folglich als auf experimentellem Wege bewiesen angesehen werden, *dafs im Allgemeinen die Schwingungsschnelligkeit bei einem Krystall mit ungleichen Elasticitätsaxen nicht in allen Richtungen gleich ist* ¹⁾.

Aus dem Angeführten folgt sicherlich, dafs die Schwingungen in einer gewissen Richtung eine größere Intensität haben als in einer anderen; aber nicht, dafs diese Richtung zusammenfalle mit dem größten Leitungsvermögen oder nicht, was wiederum von der Definition abhängt, die man von der Polarisationsebene giebt.

Nimmt man an, dafs die größte Schwingungsschnelligkeit zusammenfalle mit dem größten Leitungsvermögen, und dafs z. B. die Partikel Curven beschreiben von gleicher Form mit den Isothermen, die man nach Sénarmonts Methode erhält, so ist damit auch die Frage über die Polarisationsebene entschieden, und man findet, dafs die Schwingungen der Aethertheilchen rechtwinklich gegen die Polarisationsebene geschehen.

Außer den eben angeführten Krystallen machte ich auch Versuche mit Gyps; allein da das dabei erhaltene Resultat sich von dem vorhergehenden unterscheidet, so will ich es etwas näher auseinander setzen.

Wie vorhin wurde der Glimmerapparat so eingestellt, dafs dessen Hauptschnitt successive zusammenfiel mit den Linien des größten und kleinsten Wärmeleitungsvermögen

1) Statt der *ungleichen* Vibrationsamplituden könnte man auch die Oscillationen gleich intensiv annehmen, aber sich dieselben in einer gewissen Richtung mehr zusammengedrängt denken oder auch beide Fälle gleichzeitig voraussetzen. Siehe Dove in Pogg. Ann. Bd. LXXI.

des Gypses. Das Resultat erhellt aus der folgenden kleinen Tabelle, welche das Mittel aus zwei Beobachtungsreihen enthält, entsprechend den zwei verschiedenen Lagen des Gypsblättchens.

Größte thermische Axe des Gypses.	Hauptschnitt des Glimmers	
	winkelrecht zur Axe des größten Leitvermögens.	parallel
lothrecht	8°,6	9°,8
horizontal	12°,0	14°,1.

Man sieht folglich, daß die vom Gyps ausgestrahlte Wärme merklich polarisirt ist in einer Ebene, welche einen Winkel von 90° mit dem größten Leitungsvermögen macht. Ob indess das Maximum und Minimum der Polarisation zusammenfalle mit den thermischen Axen und nicht mit den optischen Elasticitätsaxen, die mit den ersteren einen Winkel von 34° bilden, können die obigen Beobachtungen nicht entscheiden. Eine einzige Einstellung gab wohl für die optischen Elasticitätsaxen die Ablenkungen

13° und 16°,

wobei der erstere Werth der Linie entspricht, welche den spitzen Winkel der optischen Axen halbirt; aber hieraus kann doch nicht mit Sicherheit gefolgert werden, daß die Polarisation in diesen Richtungen größer sey als in den beiden vorhergehenden.

Ein Umstand, der dazu beitragen dürfte, dieß abweichende Resultat beim Gyps zu erklären, ist der, daß derselbe beim Erhitzen sein Krystallwasser verliert, undurchsichtig wird und eine weiße Farbe annimmt. In diesem Zustand ist die Tiefe, von wo aus die Wärme ausstrahlt, unbedeutend und möglicherweise gleich für die verschiedenen Polarisationsebenen. Die Intensität der ausstrahlenden Wärme hängt dann alleinig von der Beschaffenheit der Oberfläche in verschiedenen Richtungen ab.

2.

Für einen Krystall mit zwei optischen Axen stimmen die beiden Theorien, die Fresnel'sche und die Neu-

mann'sche, in sofern überein, als sie die grösste und kleinste Elasticitätsaxe in die Ebene der optischen Axen verlegen, aber diese Theorien sind darin verschieden, dafs das, was nach der einen die grösste Elasticitätsaxe nach der anderen die kleinste ist, und so umgekehrt. Dieser Gegensatz zeigt sich auch bei den einaxigen Krystallen. Könnte man nun die Richtung bestimmen, in welcher die Elasticität des Aethers am grössten oder kleinsten ist, so hätte man auch die Frage über die Polarisationssebene entschieden. Ich habe zu dem Ende die Erscheinungen beim Erhitzen eines Krystalls zu Rath gezogen. Die Grösse der Ausdehnung eines Krystalls in verschiedenen Richtungen beruht nämlich auf dem Verhältnifs zwischen den in demselben wirksamen Anziehungs- und Abstofsungskräften. Nimmt man nun an, dafs die Anziehungskräfte den eignen Theilchen des Körpers angehören, und dafs deren Einwirkung auf den Aether sich unter anderen in einer Verringerung seiner optischen Elasticität äufsert, so müßte diese Einwirkung auf den Aether eine entsprechende Abstofsung hervorrufen. Diese Abstofsung wiederum müßte sich bei der Erhitzung des Krystalls in dem Maafse stärker äufsern als die Elasticität des Aethers gröfser, oder der Widerstand der anziehenden Kräfte schwächer ist. Von den beiden Richtungen also, von denen man zuvor weifs, dafs sie der grössten und der kleinsten Elasticitätsaxe für den Aether entsprechen, müßte die gröfsere Axe derjenigen zukommen, in welcher der Körper bei der Erhitzung sich stärker ausdehnt.

Wir wollen dies nun anwenden auf einige Krystalle, deren Ausdehnung bekannt ist, wie Gyps, Arragonit und Kalkspath.

Nennt man $\frac{Aa}{a}$ die Ausdehnung längs der Linie, welche den spitzen Winkel der optischen Axen halbirt, oder, wenn das Medium einaxig ist, mit der Krystallaxe zusammenfällt, und $\frac{Ab}{b}$ die Ausdehnung in einer gegen die Ebene

der optischen Axe winkelrechten Richtung u. s. w., so erhält man für

Arragonit').

$$\frac{\Delta a}{a} = +0,003587; \quad \frac{\Delta b}{b} = +0,001008; \quad \frac{\Delta c}{c} = +0,001905;$$

$$\frac{\Delta v}{v} = 0,0065.$$

Gyps.

$$\frac{\Delta a}{a} = -0,000508; \quad \frac{\Delta b}{b} = +0,003869; \quad \frac{\Delta c}{c} = +0,002384;$$

$$\frac{\Delta v}{v} = 0,005745.$$

Kalkspath.

$$\frac{\Delta a}{a} = +0,002793; \quad \frac{\Delta b}{b} = -0,000416; \quad \dots \dots \dots ;$$

$$\frac{\Delta v}{v} = 0,001961,$$

überdies weiß man, daß der Bergkrystall sich in einer gegen die Krystallaxe winkelrechten Richtung am stärksten ausdehnt.

Wenn nun die Ausdehnungen in der Ebene, welche die größte und die kleinste Elasticitätsaxe für den Aether enthält, $\frac{\Delta a}{a}$ und $\frac{\Delta c}{c}$ sind, so müßte, falls unser Raisonement in dem Vorherigen richtig ist, die Linie, welche $\frac{\Delta a}{a}$ entspricht, die größte Elasticitätsaxe für Arragonit und Kalkspath, und die kleinste für Gyps und Bergkrystall seyn; alles in Uebereinstimmung mit der Fresnel'schen Ansicht von der Polarisationssebene.

Ogleich wir solchergestalt mit Hülfe der ungleichen Ausdehnungen eines Krystalls die Frage zu beantworten

- 1) Mitscherlich giebt an, daß, für 100° C., die Neigung der Seitenflächen um 2' 46" wachse und die der Endflächen um 5' 29" abnehme. Um den letzteren Winkel näher zu bestimmen, bediente ich mich der Beobachtungen Rudberg's, der die Veränderung des Brechungswinkels seiner drei Prismen bei der Erhitzung angiebt. Die kubische Ausdehnung ist nach Kopp angenommen.

suchten, in welcher der beiden angegebenen Richtungen die Elasticität des Aethers am größten oder kleinsten sey, so würde man doch zu weit gehen, wenn man daraus einen Schluss ziehen wollte auf ein einfaches Verhältniß zwischen der Ausdehnung eines Krystalls und der Elasticität des Aethers, so weit dieselbe von den durch die Dispersion complicirten Lichtphänomenen bestimmt wird. Diefs zeigt sich am besten bei $\frac{\Delta b}{b}$, welches, obgleich es sowohl für den Arragonit als für den Gyps der mittleren Elasticitätsaxe entspricht, und zwar nach beiden Theorien, dennoch für den ersteren Krystall der kleinste, und für den letzteren der größte der drei Werthe der Ausdehnungscoefficienten ist. Inzwischen dürfte sich diese Abweichung dadurch erklären, dafs auch $\frac{\Delta b}{b}$ für den Arragonit der größten, und für den Gyps der kleinsten thermischen Axe entspricht; dafsun-geachtet wird, wie bekannt, die symmetrische Axe des Gyps, welcher $\frac{\Delta b}{b}$ entspricht, bei Erhitzung des Krystalls, auch die größte Elasticitätsaxe für den Aether.

Ein Umstand, der besonders bemerkt zu werden verdient, ist der, dafs sowie es eine Temperatur giebt, wobei der Arragonit in Kalkspath übergeht, es auch eine zu geben scheint, bei welcher beide Krystalle in optischer Hinsicht identisch werden. Diefs erfolgt wahrscheinlich, wenn beim Arragonit die beiden Flächen, welche in gewöhnlicher Temperatur einen Winkel von $116^\circ 14',7$ mit einander bilden, die Seiten eines sechsseitigen Prisma werden. Aus Rudberg's Beobachtungen erhält man für die Linie *F* des Fraunhofer'schen Spectrums, wenn die Lichtgeschwindigkeit in der Luft zur Einheit genommen wird:

bei Rechtwinklichkeit der Polarisations-
ebene mit der Richtung von

Im Arragonit	$\frac{\Delta a}{a}$	$\frac{\Delta b}{b}$	$\frac{\Delta c}{c}$
Leichtgeschwindigkeit	0,65156	0,59151	0,58980
Veränderung für 100° +	63,1; +	73,6; +	82,0

	Ordentl. Strahl	Außerordentl. Strahl
Im Kalkspath		
Lichtgeschwindigkeit	0,67066	0,59938
Veränderung für 100°	— 56,7	0 +

Man sieht also, daß beim Arragonit die beiden kleineren Geschwindigkeiten, welche den beiden Elasticitätsaxen entsprechen, einander an Größe näher kommen, in dem Maasse sie sich auch mehr und mehr der Geschwindigkeit des ordentlichen Strahls beim Kalkspath nähern, und ferner, daß die Geschwindigkeit des außerordentlichen Strahls im Kalkspath abnimmt in dem Maasse als der entsprechende Strahl im Arragonit an Geschwindigkeit zunimmt; was Alles das schon Angeführte bestätigt.

Uebrigens kann man aus dem Vergleich der Ausdehnung des Kalkspaths und Arragonits mit den Veränderungen der Brechungscoefficienten dieser Krystalle ersehen, daß zwischen denselben kein einfaches Verhältniß besteht, und im Allgemeinen, daß diese Veränderungen nicht bloß auf der Ausdehnung des Krystalls in Richtung der Schwingungen beruhen. Geht man von Fresnel's Ansicht von der Polarisationssebene aus, so folgt auch, daß die kubische Ausdehnung einen Einfluß auf das Brechungsvermögen hat, der dem, welchen die lineare in der Schwingungsrichtung ausübt, entgegengesetzt ist. Auch erlangt ein Glascylinder, wenn man ihn längs der Axe comprimirt, bekanntlich die Eigenschaften eines optisch negativen Krystalls, während nach Neumann ¹⁾, sowohl der ordentliche als der außerordentliche Strahl, eine größere Geschwindigkeit besitzt als dem uncomprimirten Glase zukommt.

3.

Nimmt man das Gesetz der lebendigen Kraft als gültig für die Intensität des gebrochenen und reflectirten Lichtes an, — und, sofern ein Körper als vollkommen diaphan betrachtet werden kann, ist diese Annahme wohl zulässig, —

1) Die Gesetze der Doppelbrechung des Lichts u. s. w. S. 59.

so setzen die Fresnel'schen und Neumann'schen Formeln für die Intensität, unter übrigens gleicher Annahme, die ersteren eine constante Elasticität, und die letzteren eine constante Dichtigkeit beim Aether voraus, wodurch derselbe in seinen Eigenschaften sich im ersteren Falle den Gasen, und im letzteren den flüssigen Körpern nähern würde. Die Frage nach der Polarisationssebene ist also beantwortet, sobald man die andere Frage entscheiden kann, ob die Dichtigkeit des Aethers constant sey oder nicht ¹⁾).

Die Gründe, welche meiner Meinung nach gegen die Annahme einer constanten Dichtigkeit des Aethers sprechen, sind indess folgende.

Zunächst sind die optischen Erscheinungen im Allgemeinen zu complicirt, und sie stehen keinesweges zu den Veränderungen, welche das Medium bei Erhitzung, Compression u. s. w. erleidet, in so einfachem Verhältniß, wie es der Fall seyn müßte, wenn sie vom letzteren allein bedingt würden.

Ferner lassen sich die diamagnetischen Erscheinungen leichter auf den Aether direct als auf die eigenen Theilchen der Körper zurückführen, woraus auch folgt, daß die Dichtigkeit des Aethers nicht constant seyn kann, weil dabei eine ungleiche Einwirkung in verschiedener Richtung schwerlich denkbar ist. Wertheim ²⁾ hat nämlich beobachtet, daß

1) Bekanntlich nimmt Neumann, wie auch Mac-Cullagh, die Dichtigkeit des Aethers als constant an, im Gegensatz zu Fresnel, welcher dieselbe als variabel betrachtet. Sieht man bloß auf die Einfachheit der Hypothese, so hat auch die erstere den Vorzug. Die Art, wie Moigno (*Repertoire de l'optique moderne* p. 1004) die Frage über die Polarisationssebene behandelt, scheint deshalb für eine wissenschaftliche Kritik sehr unpassend zu seyn, da eine Ansicht nicht dadurch widerlegt wird, daß man sagt: *Les abstractions stériles des interprétations et confirmations détournées et pénibles etc. etc.* Cauchy's große Verdienste schließen nicht die von Neumann aus, und was Broch betrifft, so hat er lediglich Cauchy's Formeln entwickelt und erweitert.

2) *Compt. rend. XXXII*, 289 (Ann. Bd. 86, S. 321). Matteucci's vermeintliche Entdeckung, daß, bei Compression eines Glaspallepi-Poggendorff's Annal. Bd. XC.

die Drehung der Polarisationssebene in einem unter Einwirkung des Magnetismus stehenden Glasparallelepiped verschwindet, wenn das Glas comprimirt wird. Dieß scheint anzudeuten, daß die Drehung durch directe Einwirkung des Magnetismus auf den Aether entsteht und daß diese Einwirkung verschwindet, wenn der Aether comprimirt und gleichsam in einer gewissen Richtung fixirt wird, und daß dieser dann in ein *mechanisches Moment* übergeht, welches den Körper selbst zu drehen sucht, wie es auch mit den Krystallen der Fall ist.

Ganz anders verhält es sich mit dem Bergkrystall, dessen Vermögen zur Drehung der Polarisationssebene seinen Grund in der eigenthümlichen Anordnung der Theilchen desselben hat. Comprimirt man nämlich eine winkelrecht gegen die Axe geschnittene Platte, so erhält man bekanntlich, wenn man polarisirtes Licht und parallele Strahlen anwendet, Farbenringe von analogem Aussehen, wie sie gewisse zweiaxige Krystalle zeigen. Durch Versuche habe ich indess gefunden, daß, weit entfernt, die Drehung der Polarisationssebene bei der Compression abnimmt, sie im Gegentheil wächst, der Krystall mag übrigens die Ebene nach der Rechten oder Linken drehen. Die Compression, soweit ich ohne genaue Messungen deren Wirkung schätzen kann, scheint die beiden circular polarisirten Strahlen, in welche sich der einfallende Strahl zerlegen läßt, in zwei elliptisch polarisirte Strahlen umzuwandeln, und daneben vergrößert sie deren Unterschied in der Fortpflanzungsgeschwindigkeit, wodurch auch die vergrößerte Drehung der Polarisationssebene erklärt wird. Inzwischen dürfte alles dieses ganz einfach durch eine *Superposition* der Erscheinungen entstehen, welche Compression und Krystallisation einzeln für sich hervorbringen, und somit die Ansichten bestätigt werden, welche Brewster ¹⁾ schon vor mehreren

pede, die Drehung der Polarisationssebene ungleich nach verschiedenen Richtungen werde, ist von Edlund widerlegt (*Vetensk. Acad. Förhandl.* p. 23.)

1) *Edinb. Transact.* VIII, p. 284.

Jahren über den Einfluss der Compression auf die optischen Erscheinungen aufgestellt hat.

Um wieder auf die diamagnetischen Erscheinungen zu kommen, so giebt es keinen Grund, weshalb dieselben nicht auch *neben der Compression bestehen* sollten, wenn nämlich der Magnetismus direct auf die Theilchen der Körper wirkt und diese dadurch eine eigenthümliche Anordnung annehmen, entsprechend dem, was wir beim Bergkrystall finden.

Ein Strahl linear polarisirten Lichts lässt sich bekanntlich analytisch zerlegen in zwei circular polarisirte Strahlen von gleicher Geschwindigkeit, ohne dass dadurch das Resultat verändert wird; giebt man aber dem einen Strahl eine größere Geschwindigkeit, so entsteht dadurch eine Drehung der Polarisationssebene, wie man sie beim Bergkrystall findet. Indefs ist diese Vorstellungsweise von der Bewegung des Aethers in dem eben genannten Krystall nicht blofs analytisch, sondern auch physisch richtig, wie schon Fresnel und später Jamin ¹⁾ durch seine Beobachtungen bewiesen hat. Allein es kann sehr in Frage gestellt werden, ob diese Vorstellungsweise auch für die durch Magnetismus bewirkte Drehung der Polarisationssebene gelte. Auch die Differentialformeln, welche nach Airy ²⁾ die Bewegung des Aethers unter Wirkung des Magnetismus wiedergeben, nämlich:

$$\frac{d^2y}{dt^2} = A \frac{d^2y}{dx^2} + C \frac{dz}{dt}$$

$$\frac{d^2z}{dt^2} = A \frac{d^2z}{dx^2} - C \frac{dy}{dt}$$

deuten mehr auf einen Widerstand oder eine äussere, die Schwingungsebene der Aethertheilchen zu drehen suchende, Kraft, als auf eine wirkliche, direct von der Anordnung der Moleküle des Mediums abhängige Doppelbrechung.

Comprimirt man einen einaxigen Krystall winkelrecht gegen die Axe, so fällt die Ebene der optischen Axe mit der Compressionsrichtung zusammen, wenn der Krystall

1) *Ann. de chim. et de phys.* T. XXX, p. 55.

2) *Phil. Mag.* 1846, p. 469. (*Pogg. Ann.* Bd. 70, S. 272.)

positiv ist, macht aber mit dieser einen Winkel von 90° , wenn er negativ ist ¹⁾. Hieraus folgt, daß die Elasticität des Aethers, relativ genommen, auch durch die Compression verstärkt wird, wenn Fresnel's Definition von der Polarisationsebene richtig ist, dagegen aber geschwächt wird, wenn die Neumann'schen Ansichten richtig sind. Beruhen die Veränderungen in der Geschwindigkeit des Lichts lediglich auf einer Elasticitätsveränderung des Mediums in Richtung der Schwingung, so wäre es leicht, aus dem eben angeführten Verhältniß die Frage über die Polarisationsebene zu entscheiden; allein sie bleibt unbeantwortet, sowie dieß nicht der Fall ist. Das Angeführte zeigt indeß, in welchem näherem Zusammenhang dieselbe zu jeder anderen die molecularen Kräfte der Materie und deren Wirkungsweise betreffenden Frage steht.

4.

In dem Vorhergehenden habe ich mich ausschließlich auf solche Beobachtungen beschränkt, deren Richtigkeit auf nicht-optischem Wege geprüft werden kann. Ich gehe jetzt zu einer Klasse von Erscheinungen über, welche gänzlich im Bereich der Optik liegen, dennoch aber geeignet scheinen, die Frage über die Polarisationsebene unabhängig von theoretischen Speculationen zu beantworten.

Wie bekannt hat Arago ²⁾ schon vor vielen Jahren beobachtet, daß, wenn natürliches Licht winkelrecht auf eine dispergirende Fläche fällt, sich das diffuse Licht, längs derselben Fläche gesehen, polarisirt erweist in einer Ebene, welche mit der Diffusionsebene (der Ebene durch die Normale und das beschauende Auge) einen rechten Winkel macht. Auf diese Erscheinung gründet sich auch Babinet's Beweis, daß die Aethermolecile in der Polarisationsebene selbst vibriren. Indeß haben Provostaye und Desains gefunden ³⁾, daß Arago's Entdeckung bloß für Metalle

1) Moigno, *Répertoire d'optique moderne* p. 1594.

2) Biot, *Traité de physique* T. IV, p. 315.

3) *Compt. rend. T. XXXIII*, p. 447.

und im Allgemeinen für Körper mit spiegelnder Oberfläche gilt, für matte Körper aber, wie Lampenrufs, mattgeschliffenes Glas, Bleiweiß, rothes chromsaures Bleioxyd, kohlen-saures Kupferoxyd u. s. w., das diffuse Licht immer in der Diffusionsebene selbst polarisirt ist, und diese Polarisation abnimmt, in dem Maafse als das Auge sich der Normale nähert.

Wendet man polarisirtes Licht an und nennt ϑ den Winkel, welchen das Auge mit der Normale macht und φ den Winkel, welchen die Diffusionsebene mit der Polarisationssebene bildet, so nimmt die Intensität des diffusen Lichtes ab, sowie φ sich 90° nähert, und um so schneller als ϑ vergrößert wird. Ich habe diese Beobachtungen verificirt und außerdem gefunden:

1. Dafs, wenn polarisirtes Licht winkelrecht auf eine mattgeschliffene Glasplatte fällt, deren untere spiegelnde Fläche geschwärzt ist, sich mit dem Winkel φ nicht blofs die Intensität, sondern auch die Polarisationssebene ändert, so dafs sie, für $\varphi = 90^\circ$, denselben Winkel 90° mit der Diffusionsebene bildet.

2. Wenn natürliches Licht auf die Glasplatte fällt, so ist das diffuse Licht polarisirt in einer Ebene, welche durch den einfallenden und den diffusen Strahl geht, und folglich ist die Polarisationssebene unabhängig von der Diffusionssebene oder der Lage der Platte.

3. Wenn polarisirtes Licht die Fläche selber streift, — wir denken uns hier den ideellen Fall, welchem man in voller Strenge zwar experimentell nicht genügen, aber doch hinreichend nahe kommen kann, um das Resultat mit Sicherheit vorauszusehen, — und es ist *a*) in der Einfallsebene polarisirt, so ändert sich die Polarisationssebene des diffusen Lichts um 90° , wenn der Winkel φ' , den die Diffusionsebene mit der Reflexionsebene macht, von 0° auf 90° wächst. Ist es aber *b*) winkelrecht gegen die Einfallsebene polarisirt, so bleibt die Polarisationssebene des diffusen Lichts unverändert, wenn φ' von 0° auf 90° wächst. Im letzteren Falle macht also die Polarisationssebene immer

einen Winkel von 90° mit der Diffusionsebene, im ersteren variirt aber dieser Winkel von 0° bis 90° .

4. Wenn polarisirtes Licht die Fläche streift und der Winkel $\varphi' = 90^\circ$ ist, so bleibt die Polarisationssebene des Lichts unverändert für Werthe von ϑ zwischen 0° und 90° , die Polarisationssebene des einfallenden Lichts mag zusammenfallen mit der Einfallsebene oder einen Winkel von 90° mit derselben machen.

5. Betrachtet man die Farbenringe, z. B. die in einer winkelrecht gegen die Axe geschnittene Kalkspathplatte, und schiebt zwischen den Polarisationsapparat und den Krystall, rechtwinklich gegen den Strahl, eine mattgeschliffene Glasplatte ein, so zeigen sich die Farbenringe in unveränderter Intensität. Und wenn ein Lichtstrahl auch die unbedeutendste Spur von Polarisation zeigt, so hat er diese auch nach dem Durchgang durch die mattgeschliffene Glasplatte behalten. Das Depolarisationsvermögen dieser ist also unmerklich.

Die Lage der Polarisationssebene des diffusen Lichts im ersten und zweiten Fall läßt sich durch die Annahme erklären, dafs die Diffusion des Lichts durch eine Spiegelung in allen möglichen Richtungen entstehe; allein dadurch erklärt sich nicht die grofse Intensitätsverminderung bei Annäherung von ϑ und φ an 90° . Im dritten und vierten Fall kann die Lage der Polarisationssebene gar nicht durch Spiegelung erklärt werden; allein sie erklärt sich leicht, wenn man annimmt, dafs die Schwingungsrichtung des einfallenden Lichts sich unverändert in dem diffusen Licht erhalte. Diefs angenommen, ist es leicht, die Frage über die Polarisationssebene zu beantworten. Denn nach dem dritten Fall bleibt die Lage der Polarisationssebene zu der Diffusionsebene unverändert, wenn das einfallende Licht polarisirt ist in einer Ebene, welche mit der Einfallsebene einen rechten Winkel bildet und folglich auch zusammenfällt mit der dispersirenden Fläche. Da aber diese Unveränderlichkeit nicht stattfinden kann, ohne dafs nicht die Aetherschwingungen längs der Normale der Fläche geschehen,

so folgt auch, daß sie einen rechten Winkel mit der Polarisationssebene machen.

Im Allgemeinen läßt sich die Diffusion als ein unregelmäßiger Fall von Diffraction betrachten, wobei jeder Punkt der Oberfläche als ein neues *Centrum oscillationis* anzusehen ist; liegen aber diese *Centra* so nahe zusammen, daß ihr Abstand unter der Länge einer Lichtwelle bleibt, so wird die Oberfläche spiegelnd. Nach dieser Vorstellungsweise ist leicht zu ersehen, welcher Zusammenhang stattfindet zwischen den vorhergehenden und denen, die Stokes über die Diffraction des Lichts angestellt hat ¹⁾. Er hat nämlich auf theoretischem Wege gefunden, daß die Schwingungsrichtung sich unverändert in dem diffrangirten Lichte erhält, und er benutzt diesen Umstand, um die Schwingungsrichtung in Bezug auf die Polarisationssebene zu bestimmen. Allein theils compliciren sich die Erscheinungen durch die Brechung in dem liniirten Glase, theils sind die Angaben nicht deutlich genug, um vollkommen entscheidend zu seyn.

Was endlich die andere Art von Diffusion betrifft, welche den mehr oder weniger undurchsichtigen Körpern mit spiegelnder Oberfläche angehört, so entsteht sie durch die Körper selbst, woraus folgt, daß ihr wahrer Charakter versteckt wird durch den Einfluß der spiegelnden Oberfläche. Daß sie sich im Ganzen nicht von der zuvor behandelten unterscheidet, beweist das Vorkommen der neutralen Punkte. Provostaye und Desains nämlich haben gefunden, daß, wenn natürliches Licht winkelrecht auf eine spiegelnde Fläche fällt, es ein Werth von ϑ giebt, bei welchem das diffuse Licht unpolarisirt ist, daß aber für Werthe von ϑ , welche entweder größer oder kleiner sind, die Polarisationssebenen einen rechten Winkel mit einander bilden. Für große Werthe von ϑ ist die Spiegelung überwiegend.

Endlich mag es mir auf Veranlassung des Vorhergehenden erlaubt seyn zu bemerken, daß die Polarisations-Erscheinungen der Atmosphäre sich am einfachsten durch eine

1) *Transact. of the Cambridge Phil. Soc. Vol. IX., pt. I.*

Diffusion erklären lassen, die überdies durch Brechung in den verschiedenen Luftschichten modificirt wird, wodurch dann die neutralen Punkte entstehen. Eine nähere Besprechung dieses Gegenstandes verschiebe ich indess auf eine passendere Gelegenheit.

VI. *Zur Entdeckung des Phosphors bei Vergiftungen; von A. Lipowitz in Posen.*

Die Anwendung des Phosphors, zum Vertilgen von Ratten, Mäusen und anderen Nagethieren, hat die des Arseniks für denselben Zweck fast vollständig verdrängt. Dem Verbrechen ist dadurch ein anderes, ich möchte fast sagen, schlimmeres Mittel als Arsenik zum Vergiften von Menschen an die Hand gegeben. Es ist daher Aufgabe der Chemie geworden, zur Auffindung des Phosphors, eben so sichere Mittel anzugeben, welche die kleinsten Mengen unzweifelhaft nachweisen, als wir solche für Arsenik gefunden haben.

In den letzten Jahren sind mir nur Vergiftungen mit Phosphorteig und keine mit Arsenik vorgekommen, wobei es mir stets gelungen ist, nach den bekannten Methoden, den Phosphor aufzufinden, und in Substanz ausgeschieden dem Untersuchungsbericht beizulegen. In jüngster Zeit erhielt ich jedoch einen Magen, dessen Villosa stark corrodirt war, und die Darmcontenta zur gerichtlich-chemischen Untersuchung; darin fand ich bei der sorgsamsten Untersuchung mit der Loupe nur ein Nadelspitz großes Krümchen einer verdächtigen Substanz. Dieses wurde in einem Porcellanschälchen auf einem Wasserbade im Dunklen erwärmt. Beim Rühren mit einem Glasstabe traten leuchtende Punkte auf, welche sich nach und nach mehrten, und zuletzt die ganze innere Fläche des Schälchens mit gelbem Lichte erhellten und deutlich weissen Rauch gaben. Vergebens ver-

suchte ich aber aus dem flüssig schleimigen Magen- und Darminhalt eine weitere Spur von Phosphor abzuscheiden. Fast ebenso vergeblich wurde eine Destillation in der Art vorgenommen, wie sie J. E. Schacht in Berlin im Archiv der Pharmacie Bd. LXVI. S. 165 mit richtiger Würdigung der bereits vorhandenen Literatur beschreibt, (und daselbst) wo er auch sehr zweckmäfsig die Oxydation des erhaltenen Destillats mit rauchender Salpetersäure empfiehlt, um die dadurch gebildete Phosphorsäure nachzuweisen. Ich erhielt bei dieser Destillation zwar eine faulig, leichenartig riechende Flüssigkeit, jedoch waren keine Dämpfe bemerkbar; auch konnte ich nach vorangegangener Behandlung des Destillats mit rauchender Salpetersäure wohl eine Reaction mit Silbernitratlösung auf gewöhnliche Phosphorsäure und nach dem Abdampfen und Glühen auf Pyrophosphorsäure wahrnehmen, so wie eine Reaction mit molybdänsaurem Ammoniak, *jedoch so unbedeutender Art*, dafs ich mit Bestimmtheit, wie es bei einer gerichtlich-chemischen Untersuchung, wobei es sich um Menschenleben handelt, verlangt wird, mich nicht für die unbedingte Anwesenheit von Phosphor aussprechen konnte. Hätte mir nicht der Zufall das im Eingange erwähnte Phosphorpartikelchen in die Pincette geführt, so wäre in diesem Falle, da alle anderen Methoden den Phosphor nicht genügend nachwiesen, der Beweis von der Anwesenheit des Phosphors zweifelhaft geblieben.

Dieser Fall veranlafste mich aber bereits frühere von mir gemachte Beobachtungen und Versuche aufzunehmen und näher zu prüfen. Es ist bekannt, dafs Phosphor und Schwefel, unter kochendem Wasser zusammengebracht, sich verbinden, und dafs, wenn der Phosphor in Ueberschufs vorhanden ist, wozu nach meiner Beobachtung nur die kleinere Hälfte davon nöthig ist, die entstandene Verbindung von Schwefel und Phosphor auch nach dem Erkalten bei gewöhnlicher Temperatur sich flüssig erhält. Ist jedoch der Schwefel überwiegend, ist er mindestens in dem Verhältnifs von zwei Theilen zu einem Theile Phosphor vorhanden, so wird die erhaltene Verbindung nach dem Er-

kalten krystallinisch fest, jedoch leicht knetbar, ungefähr wie ein Quecksilberamalga. Sechs Theile Schwefel auf einen Theil Phosphor geben nach längerem Kochen eine Verbindung, welche ebenfalls krystallinisch ist; diese Masse kann jedoch außerhalb des Wassers gehandhabt werden, ohne sich beim geringsten Druck leicht selbst zu entzünden. Um die Gränzen zu bestimmen, bei denen der Schwefel seine Form verändert, wurden Versuche mit stufenweise gesteigerten Schwefelquantitäten gemacht. Es stellte sich heraus, daß 2 Proc. Phosphor den Schwefel beim anhaltenden Kochen unter Wasser noch in kleine krystallinische Theile vertheilen können, und daß diese, auf Papier abgetrocknet, an der Luft Dämpfe von sich geben. Erst bei einem Proc. Phosphorzusatz verändert sich der Schwefel in seiner Form nicht mehr, hat aber den ganzen Phosphor gebunden. Dieser erhaltene Schwefelphosphor, und ich spreche nur von diesem, welcher Ueberschuß an Schwefel enthält und fest ist, hat die Eigenschaft, selbst wenn er auch nur 1 Proc. Phosphor enthält, abgetrocknet an der Luft Dämpfe zu geben und mit Silbernitratsolution übergossen sich grünlichschwarz zu färben. Enthält der Schwefel auch noch weniger Phosphor, so wird er bei $+50$ bis 60° erwärmt im Dunklen leuchten, und deutlich alle Erscheinungen des Phosphors zeigen. Mit Salpetersäure von 1,20 spc. Gewicht gekocht, wird der Phosphor leicht oxydirt und giebt sich nebst Schwefelsäure in der Auflösung durch die bekannten Reagentien zu erkennen.

Hierauf gestützt, basirte ich meine Versuche, den Phosphor in organischen Gemengen, wo er sich in Substanz vorfindet, mit Sicherheit abzuscheiden, und theile im Auszuge das Wesentlichste davon mit.

Das schwierige Abwägen sehr kleiner Mengen Phosphor veranlaßte mich gleichzeitig, auch um denselben stets aufs feinste vertheilt zu erhalten, einen Phosphorteig zu bereiten, in welchem der Phosphor sehr sorgfältig durch Schmelzung unter heißem Wasser und Zurühren von Mehl vertheilt war. Dieser Phosphorteig enthielt pro Unze 24 Grm.

Phosphor, also genau 5 Proc., es entsprach somit ein Scrupel dieses Teigs 1 Grm. Phosphor. Mit dem Mikroskop untersucht, zeigten sich in dem Phosphorteig nur wenige Phosphorstückchen, welche gröfser waren als die Stärkemehlkrümchen, die meisten waren kleiner; dieselben konnten besonders gut durch ihre schwarze Färbung erkannt werden, wenn man zu der beobachteten Menge auf der Glasplatte einen Tropfen Silbernitratlösung brachte.

Wurde 1 Grm. dieses Teigs, also $\frac{1}{20}$ Grm. Phosphor, mit 8 Unzen Wasser im Glaskolben gekocht, wozu in einige linsengrofse Stückchen Schwefel gesetzt waren, so erhielt man nach viertelstündigem Kochen den Schwefel scheinbar unverändert wieder. Dieser Schwefel wurde abgespült und gab nach dem Zerreiben im Schälchen und Erwärmen im Wasserbade ein lebhaftes Leuchten, und mit Salpetersäure behandelt, (deutliche) *unverkennbare* Reaction auf Phosphorsäure. Es wurden darauf organische Gemenge aus Mehl, Kuchenabfällen u. dergl. und Wasser gemacht. Zu zwei Quart eines solchen Gemenges, welches in einer Porcellanschale zum Sieden erhitzt war, wurden 10 Grm. Phosphorteig ($\frac{1}{2}$ Grm. Phosphor enthaltend) und gleichzeitig fünf linsengrofse Stückchen Schwefel zugesetzt. Nach fast halbstündigem Kochen und Erkalten wurde die breiartige Masse abgegossen. Die theilweise durchs Rühren zerdrückten Schwefelstückchen lagen unverändert auf dem Boden der Schale und konnten leicht herausgefunden und abgespült werden. Sie zeigten bei der Prüfung ganz eclatant die beschriebene Reaction. Dieser Versuch wurde nochmals mit einem anderen Gemenge von zwei Quart mit der Aenderung wiederholt, dafs statt 10 Grm. nur 5 Grm. Phosphorteig zugesetzt wurden, in denen mithin nur $\frac{1}{4}$ Grm. Phosphor enthalten war. Die Reactionerscheinungen traten auch hier mit fast gleicher Stärke auf.

Berücksichtigt man, dafs in dem letzteren Versuch der Phosphor in einer mehr als 140,000fachen Vermischung sich befand, so wird man die Gränze dieser Reaction als eine sehr ausgedehnte ansehen müssen, und ich halte diese

Reaction für die geeignetste, *Phosphor in organischen Gemengen oder überhaupt überall, wo derselbe in Substanz vorkommt, aufzufinden.*

Ein reservirtes Drittel des am Anfange genannten Darm- und Mageninhalts wurde mit einigen Schwefelstückchen in einer Glasretorte $\frac{1}{2}$ Stunde gekocht und der Schwefel nach dem Erkalten herausgespült und durch Erwärmen im Dunklen und Kochen mit Salpetersäure geprüft. Das im Wasserbade erwärmte Schälchen mit einem Theil der zerriebenen Schwefelstückchen leuchtete mit einzelnen hellen Punkten und erfüllte den ganzen Boden des Schälchens mit hellem Lichte, welches nach und nach aufhörte; ebenso lieferte ein anderer Theil der Schwefelstückchen mit Salpetersäure behandelt unverkennbare Spuren von Phosphorsäure.

Weitere Versuche mit ähnlichen Mischungen angestellt, wobei die Destillation keine Spur von gebildeter phosphoriger Säure zeigte, gaben mit Schwefel behandelt stets unverkennbare Spuren von Phosphor.

Es dürften jedoch noch einige Nebenumstände zu berücksichtigen seyn. Wurden frisch bereitete Phosphormischungen erwärmt, so gab sich meist ein starker phosphoriger Geruch zu erkennen, selbst wenn der Phosphor sich in der 140,000fachsten Vermischung befand; wurden sie im Dunklen geschüttelt, so war bei vielen ein Leuchten zu erkennen. Setzt man solchen Vermischungen, welche im Dunklen beim Schütteln leuchten, Ammoniak oder Chlorwasser hinzu, so hört das Leuchten auf und der Phosphorgeruch ist verschwunden. Ein Zusatz von Ammoniak verhindert das Leuchten nicht so schnell, Chlorzusatz hingegen augenblicklich. Eine Mischung mit Ammoniakzusatz kann wieder zum Leuchten belebt werden, wenn mineralische Säuren bis zur Sättigung zugesetzt werden. Aus allen Gemengen, welche noch $\frac{1}{70,000}$ Phosphor enthielten, konnte auch nach dem Zusatz von Ammoniak und Chlorwasser durch Kochen mit Schwefelstückchen der Phosphor nachgewiesen werden. Hierdurch erklärt sich die Erscheinung,

dafs bereits im hohen Grade zersetzte thierische Gemenge bei der Destillation weder Dämpfe noch phosphorichte Säure in die Vorlage liefern, indem der Phosphor unter dem Einflufs der ammoniakalischen und anderer Zersetzungs-Gebilde entweder von diesen theilweise verändert oder umhüllt ist. Es scheint mir daher geeignet zu seyn, bei jeder Untersuchung, besonders wo man Phosphor vermuthet und man sich vorher von der Abwesenheit einer freien Säure überzeugt hat, absichtlich etwas reine Schwefelsäure zuzusetzen, welche den Verwesungsprocefs hindert und freies Ammoniak bindet. Ferner hat man sich von der Reinheit des verwendeten Stangenschwefels durch Kochen mit reiner Salpetersäure zu überzeugen. Ebenso darf die Erwärmung des Schwefels natürlich nie anders als im Wasserbade vorgenommen werden, da derselbe bei mehr als $+100\text{ C.}$ an sich schon im Dunklen leuchtet. Da übrigens das Leuchten des Phosphors von seiner Oxydation herrührt, so ist es natürlich, dafs er auch nur so lange leuchtet, als diese noch nicht vollständig beendet ist; ist diefs geschehen, so verbleibt der Schwefel im Schälchen ohne zu leuchten.

Bei der Untersuchung eines Gemenges auf Phosphor hat man, wie nachstehend recapitulirend angegeben ist, zu verfahren. Man prüfe zuerst, ob wahrnehmbare und isolirbare Phosphorstückchen vorhanden sind. Ist dieses nicht der Fall, so versetze man das Gemenge, wenn die Abwesenheit von freier Schwefelsäure nachgewiesen ist, bis zur schwachen Säurereaction mit derselben. Darauf thue man das Gemenge mit mehreren Schwefelstückchen in eine tubulirte Retorte mit leicht angelegter Vorlage und beginne die Destillation. Nach etwa einem halbstündigen Kochen ist die übergegangene Flüssigkeit nach der von J. E. Schacht angegebenen Methode zu behandeln und auf Phosphor zu prüfen. Die Schwefelstückchen aus der Retorte werden nach dem Erkalten herausgenommen, abgespült und durch Erwärmen im Wasserbade, so wie durch Oxydation mit reiner Salpetersäure geprüft. Ein Theil dieser Schwefelstückchen kann auch dem chemischen Gutachten in einem Cylinder-

glase unter Wasser beigelegt werden, wobei jedoch beachtet werden muß, daß, wenn nur wenig Phosphor mit dem Schwefel verbunden war, die Leuchtkraft nach längerer Aufbewahrung zwar verloren geht, daß dessen ungeachtet aber immer noch der Phosphor als Phosphorsäure daraus mit Salpetersäure nachgewiesen werden kann.

VII. *Ueber die Wirkung complementar gefärbter Gläser beim binocularen Sehen;*
von E. Brücke.

(Aus den Sitzungsbericht. d. Wien. Akad. Phys. Kl. 1853 Juni.)

Es ist lange darüber gestritten worden, ob zwei verschiedene Farben, welche gleichzeitig die eine dem einen, die andere dem anderen Auge dargeboten werden, sich in derselben Weise zu einer resultirenden combiniren können, wie dies geschieht, wenn die Eindrücke beider auf ein und derselben Netzhaut übereinander fallen.

Die Frage hat ihr eigenthümliches physiologisches Interesse. Vereinigen sich die Farben durchaus nicht, so beweist dies, daß die ihnen entsprechenden Erregungszustände sich nur in der Netzhaut mit einander verbinden können, und dann die Resultante derselben zum Gehirn fortgepflanzt wird. Ist es dagegen möglich, zwei Farben zur Vereinigung zu bringen, von denen die eine mit dem rechten, die andere mit dem linken Auge gesehen wird, so beweist dies, daß die ihnen entsprechenden Erregungszustände einzeln dem Gehirne zugeführt sich in demselben noch zu einer Resultante verbinden lassen.

Schon im J. 1806 gab De Haldat im *Journ. de Physique* an, daß eine solche Vereinigung wirklich stattfindet. Er war zu diesem Resultat gekommen, indem er vor beiden Augen verschiedenfarbige Gläser hielt. Dieser Versuch ist

von sehr vielen guten Beobachtern angestellt worden; aber nur einzelne Stimmen erhoben sich für De Haldat, alle Uebrigen vereinigten sich dahin, daß man bald die eine, bald die andere Farbe, bald das Schfeld in der Mitte getheilt, und auf beiden Seiten verschieden gefärbt sehe, kurz eine Vereinigung der Farben nicht zu Stande komme.

So stand die Sache, als Dove im J. 1841 ¹⁾ mit Hülfe des Stereoskops sich und viele Andere überzeugte, daß die in demselben beiden Augen dargebotenen durch einen Polarisationsapparat erzeugten Farben sich in der That zu derselben Resultante combiniren, welche sie erzeugt haben würden, wenn sie beide gleichzeitig einer und derselben Netzhaut dargeboten worden wären. Dieses Resultat ist seitdem mit theilweis veränderten Hülfsmitteln mehrfach bestätigt worden ²⁾, und die oben gestellte physiologische Frage ist als endgültig entschieden zu betrachten. Zweifelhafte kann es nur noch seyn, in wiefern der erwähnte einfache Versuch von De Haldat geeignet war, eben jene Frage zu beantworten; ob De Haldat anders organisirt (gewesen) ist als Hunderte von Menschen, welche denselben Versuch angestellt haben, und sein Resultat nicht wieder finden konnten, oder ob jene Hunderte nur nicht unter den geeigneten Bedingungen experimentirten.

Ich besitze zwei Gläser, welche nahezu complementäre und ziemlich gleich intensive Farben haben, ein hochgelbes und ein indigoblaues. Das erstere ist nach der Auskunft, welche mir die HH. Kollegen Zippe und Redtenbacher gegeben haben, mit Kohle und etwas Eisenoxydul gefärbt, letzteres ein Kobaltglas.

1) Monatsberichte d. Berlin. Akademie S. 251.

2) A. Seebeck, Beiträge zur Physiologie des Gehör- und Gesichtssinnes, Pogg. Ann. LXVIII. S. 449. Foucault und Regnault, *Note sur quelques phénomènes de la vision au moyen des deux yeux. Compt. rend. (1849) XXXIII, 78. Institut, XVII, No. 783 p. 3, Philosoph. Magazine XXXIV, p. 269, Froriep's Notizen, X., 118. Dove über das Binocularsehen prismatischer Farben und eine neue stereoskopische Methode; Monatsberichte d. Berlin. Akad., Mai, 1850: Poggendorff's Annal. LXXX., S. 446.*

Stellt man sich einem Fensterbarren gegenüber hin, hält das gelbe Glas vor das rechte, das blaue vor das linke Auge und starrt nun nach den Wolken oder anderen fernen Gegenständen, so sieht man dieselben zur rechten Seite des Barrens gelb, zur linken blau. Beide Farben sind nicht so intensiv wie die der Gläser einzeln betrachtet, aber sie sind sehr deutlich erkennbar. Diefs rührt nun daher, dafs man, indem man die Farben zu beiden Seiten des Barrens vergleicht, die eine mit dem einen, die andere mit dem anderen Auge sieht, die Gegenstände, welche am rechten Rande des Barrens erscheinen, verdeckt er dem linken Auge, und die, welche am linken Rande liegen, dem rechten. Deshalb richtet sich die psychische Intention abwechselnd auf das Sehen des rechten und des linken Auges.

Wenn man durch die Fensterscheibe rechts vom Barren sieht, sieht man vorherrschend mit dem rechten Auge, sieht man durch die Fensterscheibe links vom Barren, vorherrschend mit dem linken; man sieht deshalb durch erstere die Gegenstände gelb, durch letztere blau. Bei Menschen, deren beide Augen gleich geübt, und die zu fixiren gewohnt sind, genügt es, um die Farben verschwinden zu machen, wenn man sie so stellt, dafs sie mit beiden Augen durch eine und dieselbe Fensterscheibe sehen und sie einen Gegenstand fest fixiren läfst, der gerade vor ihnen liegt.

Nach rechts und links dürfen die Augen nicht gewendet werden, weil dann ein Theil des Sehfeldes, der nur einem Auge angehört, indem er dem anderen durch den Nasenrücken entzogen wird, dem directen Sehen zu nahe rückt. Bei Menschen, welche nicht gewohnt sind, ihre psychische Intention gleichmäfsig auf beide Augen zu richten, und denen deshalb die Farben leicht auseinander fallen, erreicht man seinen Zweck, wenn man sie mehrmals hintereinander abwechselnd mit beiden Augen durch das gelbe und das blaue Glas sehen läfst, so dafs man etwa jede 2 Sekunden einmal wechselt, und ihnen dann plötzlich beide Gläser gleichzeitig vorhält. Ich sehe farbloser, wenn sich das gelbe Glas vor dem linken Auge befindet, als wenn es vor dem rechten

rechten liegt, weil ich das rechte mehr gebrauche und übe und das Gelb leichter über das Blau die Herrschaft gewinnt als dieses über jenes.

Man sieht also, dafs hier bei den farbigen Gläsern dieselben Punkte in Betracht kommen, welche Dove bei seinen stereoskopischen Versuchen und für die Vereinigung zweier Farben des Sonnenspectrums wesentlich fand. Der Ton, in dem man die Landschaft sieht, gleicht demjenigen, welchen sie durch eine London-smoke-Brille annimmt. Die letztere Wirkung machen auch die beiden Gläser, wenn sie übereinander gelegt werden, nur verdunkeln sie dann begreiflicherweise viel mehr. Man kann aus der grossen absorbirenden Kraft, der vollständigen Klarheit und der geringen Färbung der London-smoke-Brillen, welche so ausserordentliche Vortheile darbieten, und so viel ich weifs bis jetzt ausschliesslich von England her in den Handel kommen, mit Sicherheit schliessen, dafs dieselben mit zwei complementar wirkenden Färbungsmitteln gefärbt sind, und ich zweifle nicht, dafs man dergleichen Gläser erhalten würde, wenn man einer und derselben Glasmasse die Substanzen zusetzte, welche einzeln gebraucht werden, um das oben erwähnte gelbe und blaue Glas hervorzubringen.

VIII. *Ueber die fixen Linien im Spectrum des Sonnenlichts; vom Professor C. Kuhn zu München.*

(Auszug aus dem im Bulletin der Petersb. Acad. veröffentlichten und vom Hrn. Verf. mitgetheilten Aufsatz).

Um die Vertheilung der Fraunhofer'schen Linien im Spectrum des Sonnenlichtes näher kennen zu lernen, habe ich Untersuchungen angestellt, deren Resultate im Folgenden mitzutheilen ich mich beehre. Es beziehen sich diese Mittheilungen auf die Anzahl der Linien im Spectrum und

auf einige besondere Erscheinungen, welche während der Untersuchungen zur Wahrnehmung kamen und beobachtet wurden.

Die Beobachtungen habe ich mit der Erlaubniß des Hrn. Conservators Dr. Lamont auf der Königl. Sternwarte zu Bogenhausen in den Monaten August und September des Jahres 1847 angestellt, und in den gleichen Monaten des Jahres 1850 wiederholt und einer Controle unterworfen. In dem letztgenannten Jahre war die Anzahl der Beobachtungstage sehr gering, indem während der Zeit, in welcher ich meine Untersuchungen anstellen konnte, kaum sechs heitere Tage sich zeigten, die sich für die Lichtbeobachtungen benutzen ließen.

In folgender Weise wurden die Untersuchungen vorgenommen: Auf einem fixen Postamente befand sich ein für optische Zwecke construirter Theodolith in einer Entfernung von beiläufig 16 pariser Fufs von dem Fensterladen, der die Spalte enthielt. Das Licht wurde mittelst eines — von Eckling in Wien gefertigten — Heliostaten durch die sehr enge Spalte auf das Objectiv des Fernrohres reflectirt, und es blieb so das Sonnenlicht während drei bis vier Stunden an demselben Ort fixirt. Unmittelbar vor dem Objectiv des Fernrohres befand sich auf der Mitte eines kleinen Horizontal-Kreises das zur Beobachtung der Farbenzerstreuung benutzte Prisma. Letzteres, aus dem optischen Institute des Hrn. von Merz dahier, ist aus reinem Flintglase, gut polirt und mit vollkommen ebenen Flächen versehen, und hat einen brechenden Winkel von $44^{\circ} 59'$. Dieses Prisma wurde für alle die im Folgenden erwähnten Beobachtungen angewendet. — Die Beobachtungen wurden längere Zeit von Morgens 6 Uhr bis gegen Sonnenuntergang, später blofs von 9 Uhr Morgens bis gegen 5 Uhr Abends unternommen.

Besondere Rücksicht wurde vor Allem bei den Beobachtungen auf die Anzahl der fixen Linien im Spectrum genommen. Es wurde daher, um diese zu untersuchen, täglich ein bestimmter Theil des Spectrums, von *A* ange-

fang
von
wor
sich,
in e
ders
man
Linie
ansie
gew
auf
nien
dene
und
Wer
Mess
da s
schie
den
des
A
Anza
gleich
seitig
nauig
der
des
feine
kann
währ
Spitz
zum
tigt
Theo
wenn
P
Zähl

fangen, beobachtet, so dafs nach und nach das Spectrum von *A* aus bis etwas über *H* hinaus der Messung unterworfen wurde. — Gleich bei den ersten Versuchen zeigte sich, dafs es ungemein schwierig ist, die Anzahl der Linien in einem Theile des Spectrums und gleichzeitig den Ort derselben anzugeben. Denn beim ersten Anblicke sieht man im Spectrum nur die stärkeren und ganz schwarzen Linien, während, wenn man längere Zeit den Farbstreifen ansieht, bis sich das Auge an eine bestimmte Lichtgattung gewöhnt hat, fast in jedem einzelnen Theile des Spectrums, auf den das Auge fixirt wird, eine grofse Anzahl von Linien verschiedener Lichtintensität wahrnehmbar werden, von denen man vorher entweder gar keine oder nur einzelne, und diese von anderer Beschaffenheit wahrgenommen hat. Wenn man daher mit der Beobachtung gleichzeitig die Messung der Brechungswinkel verbindet, so verschwinden, da sich in schneller Aufeinanderfolge das Auge an verschiedene Lichtgattungen gewöhnen mufs, viele Linien für den Beobachter wieder, die er bei aufmerksamer Betrachtung des Spectrums recht deutlich wahrnehmen konnte.

Außerdem ist in manchen Theilen des Spectrums die Anzahl der in Beziehung auf Lichtintensität anscheinend gleichartigen Linien und Streifen so grofs, dafs ihre gegenseitige Entfernung nicht mehr mit einer annähernden Genauigkeit gemessen werden kann; besonders, da auch noch der Umstand mislich einwirkt, dafs der verticale Faden des Mikrometers oder Fadenkreuzes einzelne Gruppen ganz feiner Linien verdecken kann. Dieser letzte Uebelstand kann zwar durch den vom Hrn. Conservator Lamont mir während meiner Beobachtungen gütigst ertheilten Rath: die Spitze einer recht feinen Nadel anstatt des Spinnfadens zum Einstellen als Index anzuwenden, grösstentheils beseitigt werden; allein an dem von mir benutzten optischen Theodolithen konnte eine solche Abänderung nicht in Anwendung kommen.

Bei meinen Untersuchungen habe ich daher Messen und Zählen der Linien von einander getrennt. Ich habe näm.

lich die Hauptlinien, welche Fraunhofer mit *A, a, B, C, D, E, b, F, G* und *H* bezeichnet hat, zu Grunde gelegt, und zwischen je zweien dieser Linien jene Linien und Streifen, die durch ihre Stärke oder sonstige eigenthümliche Beschaffenheit sich auszeichneten, aufgesucht, und ihre gegenseitigen Entfernungen durch genaue Ablesung der zugehörigen Brechungswinkel gemessen. Sowohl nach der Messung als an anderen Tagen zu gleichen Stunden, wurden dann dieselben Theile des Spectrums wieder vorgenommen, von welchen bereits die stärkeren Linien und Streifen etc. bestimmt waren, die Zahl der in diesen Theilen enthaltenen feinen Linien so weit, als diess überhaupt möglich war, angegeben, und sodann der betreffende Theil des Spectrums graphisch dargestellt. Die einzelnen auf diese Weise zu wiederholten Malen angelegten Skizzen wurden sodann nach einem und demselben Maassstabe aufgetragen, und so ergab sich ein Bild des Spectrums, von welchem nun die Erklärung sowohl als die dazu gehörigen Messungen angegeben werden sollen.

[Wir übergehen nun das Detail der Beobachtungen, da es ohne Beigabe der keine Verkleinerung erlaubenden Abbildung doch nicht verständlich seyn würde, um nur die erlangten Resultate mitzutheilen ¹⁾].

Aus den angeführten Untersuchungen möchte sich nun Folgendes ergeben, und besonders hervorzuheben seyn:

- 1) Nur eine Bemerkung mag hier eine Stelle finden. — Was die besonderen Linien im Spectrum betrifft, sagt der Verfasser, so wurden hierüber, wie bereits, Poggendorff's Ann., Bd. 75, S. 457, berichtet wurde, vom Hrn. Conservator Dr. Lamont und mir Untersuchungen angestellt, aus welchen hervorging, daß die horizontalen Streifen, die zuweilen im Spectrum sich zeigen, zufällige Erscheinungen sind. Dasselbe Resultat wurde auch von Karsten und Knoblauch [auch von A. Kessler] gefunden (Pogg. Ann., Bd. 74, S. 389 und Bd. 85, S. 364.) Auch bei meinen späteren Untersuchungen sowohl im Herbste 1850, als im Juli 1851, habe ich diesen Gegenstand berücksichtigt, fand aber die früheren Resultate: daß nämlich im Sonnenlichte selbst weder horizontale noch transversale Streifen, sondern keine anderen vorkommen, als die von Fraunhofer entdeckten verticalen Linien und Streifen. Uebri- gens geht aus der neueren Untersuchung von Ragona-Scina (Pogg. Ann. etc., Bd. 84, S. 590) dasselbe Resultat hervor.

- 1) Die von Fraunhofer entdeckten verticalen Linien zeigen sich im Spectrum unter allen bis jetzt beobachteten Verhältnissen und unter sonst gleichen Umständen stets an derselben Stelle: sind also fixe Linien im Sonnenspectrum.
 - 2) Die Anzahl der fixen Linien ist im rothen Antheile des Spectrums am geringsten, nimmt vom rothen gegen den violetten Theil zu, und ist im Violett am größten.
 - 3) Die Anzahl der Linien im Spectrum ist von der Höhe der Sonne über dem Horizonte abhängig, und wächst gegen Sonnenuntergang, so wie während des Sonnenaufganges vom Gelb bis zur wahrnehmbaren Gränze des Spectrums jenseits von A. — (Durch Absorption des Lichtes können ähnliche Erscheinungen hervorgerufen werden ¹⁾).
 - 4) Die Longitudinallinien sind nicht im Sonnenlichte, sondern sind zufällige Erscheinungen.
 - 5) Die Anzahl der Linien im Spectrum des Sonnenlichtes ist unter den gewöhnlichen Umständen gegen 3000.
- München am 25. Februar 1852.

IX. Ueber den Cancrinit aus den Tunkinskischen Gebirge; von N. v. Kokscharow.

Durch die gütige Zuvorkommenheit des Hrn. Professors S. S. v. Kutorga, Director der Mineralogischen Gesellschaft in Petersburg, erhielt ich zur näheren Untersuchung mehrere Mineralien aus der dem Hrn. Alibert gehörigen Graphit-Grube Marienskoy. Die genannte Grube liegt 400 Werst westlich von Irkutsk im Tunkinskischen Ge-

1) Dieser letzte Umstand ist von Miller — *London und Edingb. phil. Mag. Vol. 27, p. 81*; Pogg. Ann. Bd. 69, S. 404 — am umständlichsten erörtert worden.

birge, welches ein dem Sajanischen Gebirge parallel laufender Gebirgszug ist ¹⁾. Einige dieser Stufen bestehen aus grob krystallinischem Granit, in welchem aufer Zirkon, Kalkspath, Moroxit und Magneteisenstein noch ein gelbes Mineral mit deutlichem Blätterdurchgang vorkommt, welches meine besondere Aufmerksamkeit auf sich zog. Nach einer genauen Bestimmung der Spaltbarkeit, Härte, des specifischen Gewichts und anderer physischer Eigenschaften, so wie nach Vollziehung einer qualitativen Analyse dieses Minerals, überzeugte ich mich, daß dasselbe nichts anders als Cancrinit seyn könne, und zwar nach der Farbe, eine dem Cancrinit von Litchfield, in den Vereinigten Staaten von Nordamerika ähnliche Varietät. Um die chemische Formel zu erhalten, bat ich meinen Collegem, Hrn. v. Struve, dieses Mineral quantitativ zu analysiren. Die von Hrn. v. Struve aufgestellte Formel dieses Minerals beweist, daß der Tunkinskische Cancrinit nicht nur in Hinsicht der Farbe, sondern auch seiner Zusammensetzung nach, mit dem Amerikanischen identisch ist.

Der Tunkinskische Cancrinit findet sich in kleinen Massen im Granit eingewachsen, der aus großen Krystallen von weißem Feldspath und schwarzem Glimmer und aus körnigem und krystallinischem Quarz besteht. Der Cancrinit hat eine citrongelbe Farbe; jedoch einige Stücke, wenn gleich nicht viele, zeigen diese Farbe bloß auf der Oberfläche, im Inneren der Masse sind sie jedoch von bläulichgrauer Farbe. Spaltbarkeit vollkommen deutlich, nach drei sich in Winkeln von 120° schneidenden Richtungen, parallel den Flächen eines hexagonalen Prismas. Die Spaltungsflächen sind sehr glänzend und die durch dieselben gebildeten Winkel, lassen sich sehr gut vermittelst des Reflectionsgoniometers bestimmen. In Hinsicht der Härte steht das Mineral zwischen Apatit und Feldspath,

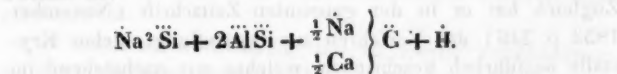
1) Man vergleiche die von mir verfaßte und in den Verhandlungen der Russisch-kaiserlichen Mineralogischen Gesellschaft zu St. Petersburg, Jahrgang 1852 bis 1853, S. 333, eingerückte Abhandlung: »Notiz über eine Mineralien-Sendung aus dem Tunkinskischen Gebirge«.

folglich ist dieselbe $\approx 5,5$. — Bei Bestimmung des specifischen Gewichts wurden in zwei Versuchen folgende Resultate erhalten: 2,446 und 2,453, folglich im Mittel 2,449. — Zum ersten Versuch verwandte ich *mehrere* kleine, vollkommen reine Stücke, die zusammen 0,9615 Grm. wogen, zum zweiten benutzte ich *ein* Stück von 0,5531 Grm. Das Mineral ist durchscheinend, in dünnen Stückchen halb durchsichtig und besitzt Fettglanz. In Salz- und Salpetersäure löst sich das Mineral unter starkem Brausen leicht zu einer klaren Flüssigkeit auf, welche nach kurzer Zeit gelatinirt, besonders wenn man zum Auflösen eine starke Säure verwendet hat. Die Gegenwart von Kieselsäure, Kohlensäure, Kalk, Thonerde und Natron läßt sich leicht mit schon bekannten Mitteln erweisen. Von Eisenoxyd sind blofs Spuren vorhanden.

Beim Erhitzen des Minerals in der Platinzange wird es erst weifs und undurchsichtig, zuletzt aber schmilzt es zu einem weissen blasigen Glase. Mit Borax schmilzt es zu einer klaren Perle. Mit Phosphorsalz schmilzt es unter Brausen leicht zu einer klaren Perle, wobei sich ein Kieselskelett ausscheidet. Mit Soda schmilzt es zu einem blasigen Glase. Der Cancrinit von Tunkinsk enthält nach der Analyse von Hrn. v. Struve:

Kieselsäure	38,33
Thonerde	28,55
Kalkerde	4,24
Natron	20,37
Kohlensäure und Wasser	8,51
	<hr/> 100,00.

Aus diesen Resultaten leitet Hr. v. Struve folgende Formel ab:



Diese Formel ist übereinstimmend mit der von Whitney aufgestellten für den Cancrinit von Litchfield in der Provinz Maine, in den Vereinigten Staaten von Nordamerika ¹⁾.

1) Vergl. Pogg. Ann. von 1847, Bd. 70, S. 443.

Nach der oben angeführten Formel läßt sich folgende Zusammensetzung des Minerals berechnen:

Kieselsäure	37,71
Thonerde	28,38
Kalk	3,87
Natron	21,46
Kohlensäure	6,09
Wasser	2,49
	<hr/> 100,00.

X. Ueber die Darstellung grofser, als Turmaline zu optischen Zwecken brauchbarer, Krystalle von schwefelsaurem Jod-Chinin (Herapathit).

Durch fortgesetzte Bemühungen ist es dem Hrn. Dr. William Bird Herapath, dem Entdecker des in der Ueberschrift genannten Salzes, gelungen, dasselbe in Krystallen von solcher Gröfse darzustellen, dafs seine Hoffnung, es werde dadurch der Turmalin und das Nicol'sche Prisma bei Polarisationsversuchen gänzlich verdrängt werden, in der That nicht als zu kühn erscheint. Er hat den Herausgebern des *Philosophical Magazine* zwei Krystallplättchen übersandt, die, bei einer Länge von 0,6 Zoll, respective 0,3 und 0,4 Zoll in Breite messen, und, ohne mehr als die Dicke von Blattgold zu besitzen, bei rechtwinkliger Kreuzung dem Lichte vollständig den Durchgang verwehren. Zugleich hat er in der genannten Zeitschrift (November 1853 p. 346) das Verfahren zur Darstellung solcher Krystalle ausführlich beschrieben, welches wir nachstehend im Wesentlichen mittheilen wollen.

50 Grm. reines schwefelsaures Chinin (*disulphat*) werden aufgelöst in 2 Maafs-Unzen Holzessig, dann 2 Maafs-Unzen

einer Mischung gleicher Volume von Weingeist (0,837 spec. Gew.) und destillirten Wassers hinzugefügt, und, nun nachdem die Lösung bis 130° F. erwärmt worden, 50 Tropfen einer weingeistigen Jodlösung (40 Grm. Jod in einer Maafs-Unze des genannten Weingeistes) unter zeitweiser Umschüttlung eingetröpfelt.

Nach der Krystallisation bei 52° F. hat die Mutterlauge ein spec. Gew. von 0,986, welches zur Ablagerung des gröfseren Theils des krystallinischen Products am günstigsten zu seyn scheint und zugleich nur die breiteren und dünneren Plättchen, ohne alle Anhaftung kleinerer, schwimmen bleiben läfst. Es ist nothwendig, diese Operation in einer weitmündigen florentiner Flasche oder einem Kolben vorzunehmen, auch dafür zu sorgen, dafs die Temperatur, nach dem Zusatz der Jodlösung, einige Zeit constant bleibe, damit die Lösung vollkommen klar, dunkel und wie Sherrywein gefärbt sey.

Bei der Krystallisation hat man auf Folgendes zu achten:

1. Ist es wesentlich, dafs die Temperatur des Zimmers möglichst gleichförmig sey, etwa 45° oder 50° F., weil geringe Temperaturveränderungen Ströme in der Flüssigkeit hervorrufen, welche den Parallelismus der Krystalle stören; eine Erhöhung, auch nur bis 60° F., die dünneren Krystalle wieder löst.

2. Ebenso nöthig ist, dafs die Flüssigkeit während der ganzen Krystallisation vollkommen ruhig sey, selbst gegen die gewöhnlichen Erschütterungen des Zimmers geschützt werde. Die beste Methode dazu, von Hrn. John Thwaites angewandt, besteht darin, dafs man an die Flasche eine Schnur bindet und sie mittelst dieser an einer zweiten aufhängt, die von einer Wand des Zimmers zur anderen ausgespannt ist.

3. Auch ist nothwendig, die zu rasche Verdampfung an der Oberfläche der Flüssigkeit zu hindern, da sonst die Temperatur zu rasch sinkt und schädliche Strömungen entstehen. Daher ist eine Flasche oder ein Kolben besser als eine Schale.

4. Ist es entschieden vortheilhaft, der Flüssigkeit in Verhältniß zur Tiefe eine breite Oberfläche zu geben, damit die dünneren Platten sich an dieser Oberfläche bilden und daselbst schwimmen bleiben, ehe die Zeit kommt, sie fortzunehmen. Je größer die Oberfläche ist, desto zahlreicher bilden sich die Platten.

5. Nicht immer bilden sich diese breiten Platten. Ist es nach sechs Stunden nicht geschehen, so braucht man nur die Flüssigkeit, damit sich die abgelagerten Krystalle wieder lösen, von unten durch eine Weingeistlampe zu erwärmen, etwas Weingeist und einige Tropfen Jodlösung hinzuzusetzen, und die fernere Krystallisation abzuwarten.

6. Hat man auf diese Weise eine gewisse Menge dieser breiten schwimmenden Platten erhalten, was unter den genannten Umständen gewöhnlich der Fall seyn wird, so läßt man sie noch 12 bis 24 Stunden in der Flüssigkeit, damit sie alle ihre Spalten ausfüllen, sich vollständig ausbilden und eine hinreichende Dicke erlangen; denn wenn sie zu dünn sind, halten sie nicht die rothen und purpurvioletten Strahlen zurück, wie Haidinger so schön gezeigt hat ¹⁾. Bleiben die Krystalle zu lange in der Mutterlauge, so läuft man Gefahr sie zu verlieren oder zu verderben, denn nach einiger Zeit scheint ein Wiederauflösungsproceß einzutreten.

Nachdem auf diese Weise die Krystalle gebildet worden, hat man sie herauszunehmen und aufzubewahren, was etwas Geduld und Sorgfalt erfordert. Das beste Verfahren dazu ist folgendes. Zunächst stellt man, dem Orte der Krystallisation möglichst nahe, einen Tisch auf, der folgende Gegenstände enthält.

1. Einen kleinen Mörser (*or gallipot*), um der Flasche als Unterlage zu dienen.

2. Eine Sammlung vollkommen sauberer runder Glascheiben, klein genug, um sie ungehindert in den Hals der Flasche hinablassen zu können.

1) *Philosoph. Magaz.* Oct. 1853 und *Pogg. Ann.* 1853, Juni.

3. Einen Glasstab von hinlänglicher Länge, um damit den Boden der Flasche erreichen zu können.

4. Etwas Marineleim oder Siegelack.

5. Eine Weingeistlampe und einige Dochte.

6. Ein Vorrath von Fließpapier zerschnitten zu Streifen von etwa 2 Zoll Länge und 1 Zoll Breite, auch eine Lage von diesem Papier, die als Kissen oder Unterlage dienen kann.

Um die Flasche mit möglichster Sorgfalt von der horizontalen Schnur abzunehmen, faßt man die verticale mit der linken Hand zwischen Zeigefinger und Daum und schneidet sie oberhalb mit einer Scheere durch; die Flasche kann dann unter leichten Schwingungen in den Mörser gestellt werden. Dann lackt man eine der Glasscheiben an das Ende des Glasstabes und läßt sie flach in den Hals der Flasche hinab, welcher sehr sanft so horizontal wie möglich geneigt seyn muß. Man führt die Glasscheibe sanft unter das größte Krystallblättchen, und hebt es vorsichtig heraus.

Ist diese Operation gehörig ausgeführt, so erscheint das Blättchen als eine dünne gleichförmig gefärbte Schicht auf dem Glase ausgebreitet. Erscheinen schwarze Flecke darauf, so kommt dieß daher, daß zufällig einige Krystalle in der Quere daraufliegen, oder auch einige an der Unterseite des Glases haften. Die letzteren müssen mit Fließpapier abgewischt werden, die ersteren dagegen fließen gemeiniglich ab, wenn man die Glasscheibe vertical stellt. Sind sie dem Rande nahe, so lassen sie sich bei einiger Geschicklichkeit auch fortnehmen. Oft sind auch solche Vorsichtsmaßregeln nicht nöthig.

Nun läßt man von dem Blättchen alle Flüssigkeit höchst scrupulös durch Fließpapier aufsaugen, und zwar ohne es zu berühren, denn der leiseste Contact zerstört seine Schönheit, symmetrische Anordnung und optische Vollkommenheit. Nachdem dieß gelungen, trocknet man es an der Luft in einem kalten Raum, d. h. einer Temperatur von 40° bis

50° F., um die Wiederauflösung und Zerstörung desselben zu verhüten, denn, aller Sorgfalt ungeachtet, wird etwas Mutterlauge an dem Krystall haften bleiben.

Zuweilen ist es nöthig, ihn, jedoch nur auf einen Augenblick, auf kaltem destillirtem Wasser, dem etwas Jod hinzugesetzt worden, schwimmen zu lassen oder darin einzutauchen. Diefs bezweckt zweierlei; es entfernt alle Mutterlauge und verhindert die spätere Bildung von Krystallen aus schwefelsauren Chinin, welche der polarisirenden Wirkung des neuen Turmalins schaden. Hierauf muß der Krystall wiederum durch Löschpapier und durch Stellung an die Luft wie zuvor getrocknet, und unter ein Becherglas gebracht werden, worin ein Uhrglas mit einigen Tropfen Jodtinktur steht. Diefs giebt dem Felde einen entschieden schwarzen Ton; und wenn der Krystall zuvor zu dünn war, um alles Licht zurückzuhalten, er somit eine rothe oder purpurviolette Farbe gab, so wird seine Polarisationskraft durch diefs einfache Verfahren wesentlich verstärkt.

Die Jodirung der Platte darf indess nicht zu lange fortgesetzt werden; die Dauer derselben hängt von der Temperatur des Zimmers ab; bei 50° F. sind insgemein drei Stunden erforderlich. Der Grund dieser Mafsregel wird beim Gebrauche klar. Die Krystalle besitzen nämlich im reflectirten wie im durchgelassenen Lichte eine reiche goldgelbe Farbe, und das Feld erweist sich daher, wenn die beiden Platten (mit ihren Axen) parallel liegen, intensiv gelb, was für die Untersuchung der Gegenstände hinderlich ist. Die Krystalle haben ihr Absorptionsvermögen für die gelben Strahlen verloren und die complementäre Relation des Körpers zu den oberflächlichen Farben scheint auch verloren zu seyn — eine sehr merkwürdige Thatsache.

Die Wirkung des Jodirens scheint darin zu bestehen, dem Krystall so viel Jod hinzuzusetzen als nöthig ist, um ihm das genaue Complement von Gelb zur Neutralisation der rothen und blauen Strahlen der purpurn »Körperfarbe« mitzutheilen. Diese Strahlen werden nun von den Plättchen

absorbirt, wie es von gelbem Glase geschehen würde. Wenn zu viel Jod hinzugesetzt worden ist, geht beim Parallelismus der Krystalle ein intensives gelbes Licht hindurch; und die Plättchen werden brüchig, beim Fassen fast sicher zerstört, selbst wenn sie zuvor eine Zeitlang der Luft ausgesetzt worden sind, wodurch der Ueberschufs des Jods wieder verdampft, zum deutlichen Beweise, daß dasselbe nicht chemisch gebunden war.

Es bleibt nur noch übrig, die so dargestellten »künstlichen Turmaline« mit dünnen Glasplatten zu bekleiden.

Zum Aufkleben derselben ist Kanadabalsam der beste Kitt; doch muß er sehr dünn seyn und ohne viel Wärme angewandt werden. Am besten dürfte es seyn, wenn er in gewöhnlicher Temperatur flüssig ist. Der Verf. hat jedoch gefunden, daß er die Krystalle angreift und Jod aus denselben zieht. Um dies zu verhindern, muß man ihn bei gewöhnlicher Temperatur mit Jod sättigen. Dies geschieht am besten, wenn man den Balsam in einem Reactionsglase oder einer dünnen Flasche erwärmt, einige Jodkrystalle einschüttet, mit einem Glasstabe wohl umrührt, und langsam erkalten läßt, wobei sich der Ueberschufs des Jods abgelagert. Zum Gebrauch hat man nur nöthig, ein Tröpfchen dieser Flüssigkeit mit dem Ende eines Glasstabes herauszunehmen, auf eine saubere runde Glasscheibe zu bringen, die den Krystall tragende Scheibe umgekehrt darüber zu legen, und beide mit dem Finger oder Stabe sanft zusammenzudrücken. Endlich wird der überflüssige Balsam am Rande entfernt, der kleine Apparat an der Luft getrocknet und mit einer messingenen Fassung versehen.

Am besten fand es der Verf., eine Lösung des alten harten Kanadabalsam in gewaschenem reinem Aether anzuwenden, dem alsdann, wie zuvor, etwas Jod hinzugesetzt worden war. Diese trocknet und erhärtet rascher als der gewöhnliche flüssige Kanadabalsam, ohne dabei die Krystalle anzugreifen.

Zuletzt lehnt der Verf. noch den von Hrn. Haidinger diesem Salze gegebenen Namen *Herapathit* ab, der, wie er

sagt, zwar sehr schmeichelhaft für ihn sey, aber doch von den optischen Eigenschaften und chemischen Charakteren des Salzes keine Idee gebe.

XI. Ueber die Links-Kamphersäure und den Links-Kampher; von Hrn. J. Chautard,

Professor der Physik am Lyceum zu Vendome.

(*Compt. rend. T. XXXVII, p. 166.*)

In einer Dissertation, welche ich zur Erlangung der Doctorwürde vor einem Jahre der Facultät der Wissenschaften eingereicht, habe ich eines Kamphers erwähnt, der von Hrn. Dessaigues und mir aus der *Matricaria* erhalten wurde und die Polarisationsebene nicht, wie der Kampher der *Laurineen*, rechts ablenkt, sondern links.

Indem ich diesen Kampher mit Salpetersäure behandelte und dabei die zur Umwandlung des gewöhnlichen Rechts-Kamphers in Kamphersäure angegebenen Vorsichtsmafsregeln befolgte, erhielt ich eine neue Säure, welche die Polarisationsebene links ablenkt, genau eben so stark als die gewöhnliche Kamphersäure nach der Rechten thut, welche sich also zu dieser genau so verhält, wie die Linkswinsäure zur Rechtsweinsäure.

Vergleicht man nämlich nach einander die verschiedenen physikalischen und chemischen Eigenschaften dieser beiden Säuren, wie Löslichkeit, Krystallform, Spaltbarkeit, Drehvermögen, u. s. w., so findet man bei allen die vollste Identität. Bringt man überdies die Rechts- und die Links-Kamphersäure zu gleichen Gewichtstheilen zusammen, so vereinigen sie sich sogleich, und bilden eine neue Säure, die von beiden ganz verschieden ist und auf das polarisirte Licht gar nicht wirkt. Man kann also diese die *Kampher-Traubensäure* nennen.

Wenn ich hinzufüge, dafs der Links-Kampher der *Matricaria*, von dem ich ausgegangen bin, dieselbe Löslichkeit,

denselben Schmelz- und Verflüchtigungspunkt, dasselbe Drehvermögen wie der gemeine Kampher der Laurineen besitzt, so wird man überzeugt seyn, daß die Chemie gegenwärtig zwei organische Substanzen besitzt, welche zwei neue Beispiele von jenen, in so mancher Beziehung sonderbaren, Producten darbieten, deren Existenz von Hrn. Pasteur durch die Entdeckung der Links-Traubensäure und deren Vereinigung mit der Rechts-Traubensäure zu einer auf das Licht unwirksamen Moleculargruppe nachgewiesen ist.

XII. Reflexion von dunkler Wärme an Glas und Steinsalz; von den HH. F. de la Provostaye und P. Desains.

(Compt. rend. T. XXXVII. p. 169.)

Bei allen polirten Körpern ist die Diffusion kaum wahrnehmbar und daher sind die absorbirten und reflectirten Wärmemengen nahezu complementar. Andererseits geht aus unseren früheren Versuchen hervor, daß, übereinstimmend mit den Ideen von Fourier, die ausgesandte Wärme auch complementar zur reflectirten ist, sobald die ausfallenden Strahlen von gleicher Natur mit den einfallenden sind; und auf diese Weise haben wir in einer großen Zahl von Fällen die Gleichheit des Emissions- und des Absorptionsvermögens nachgewiesen.

Es giebt jedoch einen Körper, und diese Schwierigkeit beschäftigt uns sehr lange, welcher scheinbar eine Ausnahme von dieser Regel macht, nämlich das Glas.

Mehr als ein Mal haben wir die Richtigkeit der allgemein für sein Emissionsvermögen angenommenen Zahl 0,90 bestätigt gefunden. Sobald aber der obige Satz wahr ist, muß das Absorptionsvermögen dieses Körpers ebenfalls

0,90 seyn, und folglich sein Reflexionsvermögen für dunkle Wärme nicht merklich von 0,10 abweichen.

Die Annahme dieser Zahl wäre aber gegen alle herkömmliche Ansichten. Einerseits nämlich ist, bei normaler oder fast normaler Incidenz, das Reflexionsvermögen für leuchtende Wärme gewiß sehr nahe 0,04 und andererseits versichert Hr. Melloni an mehreren Stellen seiner Abhandlungen ¹⁾, so wie Hr. Biot in seinem Berichte über die strahlende Wärme ²⁾, geradezu, daß die Wärmestrahlen jeden Ursprungs in gleichem Verhältniß an den polirten Oberflächen diathermaner Körper reflectirt werden.

Bei diesem Stande der Sache schien es uns nothwendig zum Versuch zu greifen. Wir haben das Reflexionsvermögen von schwarzem und von gewöhnlichem weissen Glase bestimmt, und dabei als Wärmequelle bald einen Würfel voll Oel von 180°, bald eine durch eine Weingeistflamme bis 250° erhitze Kupferplatte angewandt. Folgende Tafel enthält die erlangten Resultate, denen wir die vor fünf Jahren für verschiedene Neigungen gefundenen Werthe des Emissionsvermögens hinzugefügt haben.

Neigung der Strahlen.	Verhältniß der reflectirten Wärme.	Emissionsvermögen daraus hergeleitet.	Emissionsvermögen direct bestimmt ³⁾ .
0	}	0,90	0,90
25		0,84	0,84
60		0,75	0,75
70		0,68	0,65
75			

Eine genügende Uebereinstimmung, wie die der beiden letzten Spalten, kann man nicht erwarten. Die Schwierigkeit wegen des Emissions- und Absorptionsvermögens scheint uns also beseitigt. Allein es bleibt eine zweite, nicht minder wichtige, nämlich folgende:

1) *Ann. de chim. et de phys.* 1837, T. LXF. p. 67 (Ann. Bd. 43, S. 285).

2) *Compt. rend.* 1840, p. 468 et 469.

3) *Ann. de chim. et de phys. Ser. III. T. XXII.*

Die Zahlen der zweiten Spalte können durch die Fresnel'sche Formel

$$J = \frac{1}{2} \frac{\sin^2(i+r)}{\sin^2(i-r)} + \frac{1}{2} \frac{\tan^2(i-r)}{\tan^2(i+r)}$$

nur dann ausgedrückt werden, wenn man für den Brechungs-Index der Wärme von 200° eine nur wenig unter 2 liegende Zahl, etwa 1,95 annimmt.

Allein es zeigen sowohl die stärksten Analogien einerseits, als die directen Messungen von HH. Melloni ¹⁾ und Forbes ²⁾ andererseits, daß die Strahlen von niederer Temperatur weniger brechbar sind als die mittleren Lichtstrahlen.

Man müßte also annehmen, daß die obige Formel, obwohl mit den Gesetzen der Reflexion leuchtender Wärme an Glas vollkommen übereinstimmend, nicht mehr auf die Strahlen von niederer Temperatur anwendbar wäre.

Wir haben in dieser Arbeit nicht gesucht, die oben erwähnte theoretische Schwierigkeit zu heben, wohl aber haben wir sehen wollen, ob diese Schwierigkeit sich auch bei einer Substanz einstelle, die in ihrer Wirkung auf das Licht dem Glase sehr ähnelt, in ihren thermischen Eigenschaften aber gänzlich von ihm verschieden ist, nämlich beim Steinsalz.

Ohne *diatherman* für alle Wärmestrahlen zu seyn, läßt die von uns gebrauchte Steinsalzplatte doch 0,83 von derjenigen Wärme von niederer Temperatur durch, welche das Glas, selbst bei sehr geringer Dicke, vollständig auslöscht.

Nun schien uns bei allen Incidenzen unterhalb 30° die Reflexion, welche beide Flächen dieser Platte zusammen bewirken, für alle Wärmearten gleich 0,08 oder 0,09 zu seyn. Die Unterschiede sind also kaum merklich und die mittlere reflectirende Wirkung unserer Platte auf diese so verschiedenen Wärmen ist beinahe gleich der, welche sie,

1) Melloni, *Ann. de chim. et de phys.* 1837. T. LXX, p. 67. (Ann. Bd. 43, S. 285).

2) Gehler's physikal. Wörterbuch Bd. X, S. 615.

Poggendorff's Annal. Bd. XC.

der Fresnel'schen Formel zufolge, auf einen Strahl weißen Lichtes hätte ausüben müssen.

Nachdem wir gezeigt, wie sich in Bezug auf Wärme-Reflexion das Steinsalz vom Glase unterscheidet, wollen wir schliesslich noch einige Zahlen geben, die diese Mittheilung in Beziehung setzen zu der, welche wir die Ehre hatten am 10. Jan. dieses Jahres der Akademie zu überreichen.

Durch directe Messung fanden wir den Durchgang der dunklen Wärme durch unsere Steinsalzplatte bei 25° Neigung 0,83
und den der leuchtenden Wärme 0,91.

Addirt man nun zu diesen durchgelassenen Wärmen die reflectirten, welche ihnen entsprechen, nämlich 0,08 oder 0,09, so erhält man zwei Summen, deren Complementary zur Einheit die Absorption der Platte vorstellen.

Diese Absorption scheint nun bei der leuchtenden Wärme unmerklich und bei der dunklen beinahe 0,08 oder 0,09, was unsere früheren Resultate aufs Neue bestätigt.

XIII. *Erscheinungen beim Auströpfeln gewisser Flüssigkeiten auf die Oberfläche eines Aethers;* *von Hrn. Sire.*

(*Compt. rend. T. XXXVII. p. 667.*)

Wenn man auf gewöhnlichem Schwefeläther, der bei 32° C. in einer 2 bis 3 Centimeter weiten Glasröhre enthalten ist, einen Tropfen krystallisirbarer Essigsäure fallen lässt, so sieht man denselben, trotz des Dichtigkeitsunterschiedes, auf der Aetherfläche schwimmen, und, statt durch Verdampfung abzunehmen, sein Volum rasch vergrößern, in vielen Fällen gar versechsfachen. Der Versuch ist leicht zu wiederholen, wenn man den Aether durch Erwärmung

der Röhre in einem Wasserbade auf seiner Temperatur erhält.

Ich habe gesucht, die Erscheinungen mit anderen Flüssigkeiten hervorzubringen; allein beim Schwefeläther ist es mir nur mit Schwefelsäurehydrat und mit Salpetersäure gelungen; letztere zeigte die Erscheinung am auffallendsten.

Mikrometrische Messungen ergaben 2,1 Millimeter für den Durchmesser der Tropfen, die ich mittelst einer ausgezogenen Pipette auf den Aether fallen liess. Das Verhältniss zwischen dieser ursprünglichen Grösse und dem Maximum, welches die Tropfen erreichten, fand ich bei der Schwefelsäure 1:3, bei der Essigsäure 1:5 und bei der Salpetersäure 1:12.

Keht man die Ordnung der Flüssigkeiten um, d. h. lässt man auf die genannten Säuren, nachdem sie bis etwa 40° C. erwärmt worden, Aethertröpfchen fallen, so sieht man diese auf der Oberfläche der Säure umherlaufen, rasch am Volume abnehmen, und mit der Oberfläche zusammenfliessen.

Bei ihrer Vergrößerung nehmen die Tropfen eine ziemlich rasche Bewegung an; zuweilen stellt sich eine sehr regelmässige Rotation ein. Ich glaube bemerkt zu haben, dass diese Bewegung so lange anhält als die Vergrößerung dauert, und beide Erscheinungen zugleich aufhören. Haben somit die Tropfen das Maximum ihrer Grösse erreicht, so sind sie ganz unbeweglich. Bei regelmässiger Unterhaltung der Temperatur, sah ich Essigsäuretröpfchen 20 bis 25 Minuten bestehen.

Sobald die Tröpfchen unbeweglich sind, sieht man Farbenringe auf dem oberen Theil der ganzen Oberfläche eines Kugelsegments, dessen Höhe mir ein Drittel der Tropfenhöhe zu seyn schien. Diese Farben sind sehr lebhaft und mit bloßem Auge vollkommen sichtbar, besonders bei der Salpetersäure.

XIV. *Tafel über das specifische Gewicht des Wassers bei verschiedenen Temperaturen.*

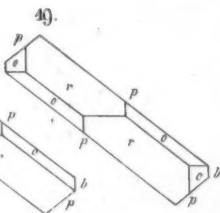
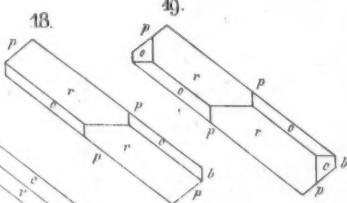
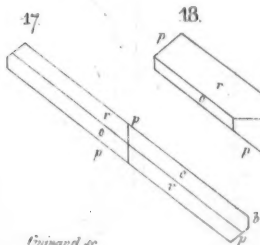
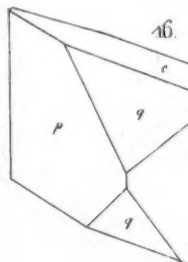
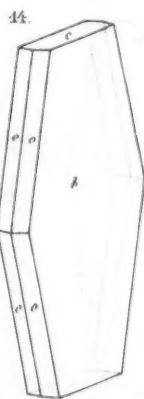
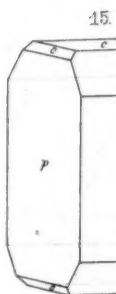
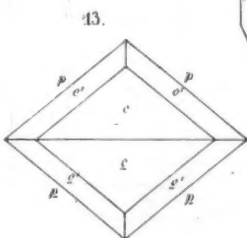
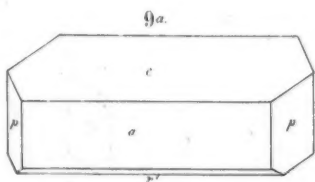
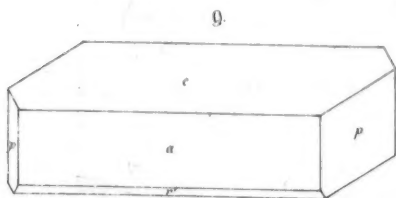
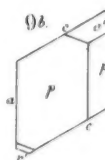
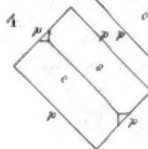
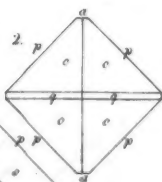
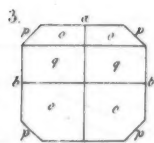
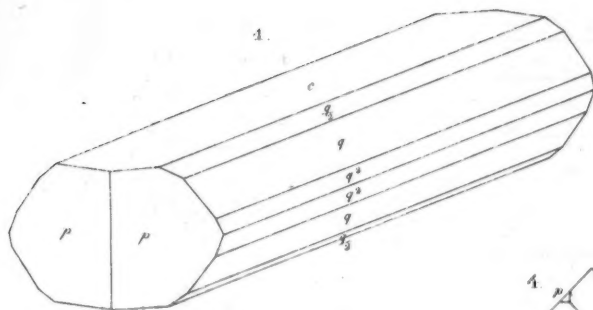
Die nachstehende Tafel wird von Hrn. J. Alexander im *American Journ. of Science* (Sept. 1853) mitgetheilt. Sie beruht auf Versuchen, welche von dem verstorbenen F. R. Hasler bei Gelegenheit einer im Auftrage der Amerikanischen Regierung ausgeführten meteorologischen Arbeit angestellt, und 1832 in einem *Report to the Treasury Department on the Comparison of Weights and Measures* (22ster Congress, 1ste Sess. H. R. No. 299) veröffentlicht worden sind.

Temp. F.	Spec. Gew.	Temp. F.	Spec. Gew.	Temp. F.	Spec. Gew.
40°	1,0000000	56	0,9996067	72	0,9983149
41	0,9999997	57	95522	73	82043
42	99978	58	94942	74	80901
43	99948	59	94328	75	79723
44	99860	60	93680	76	78510
45	99737	61	92997	77	77263
46	99579	62	92278	78	75981
47	99385	63	91523	79	74665
48	99157	64	90732	80	73315
49	98893	65	89905	81	71929
50	98595	66	89043	82	70507
51	98262	67	88147	83	69049
52	97894	68	87217	84	67555
53	97491	69	86252	85	66025
54	97052	70	85253		
55	96577	71	84219		

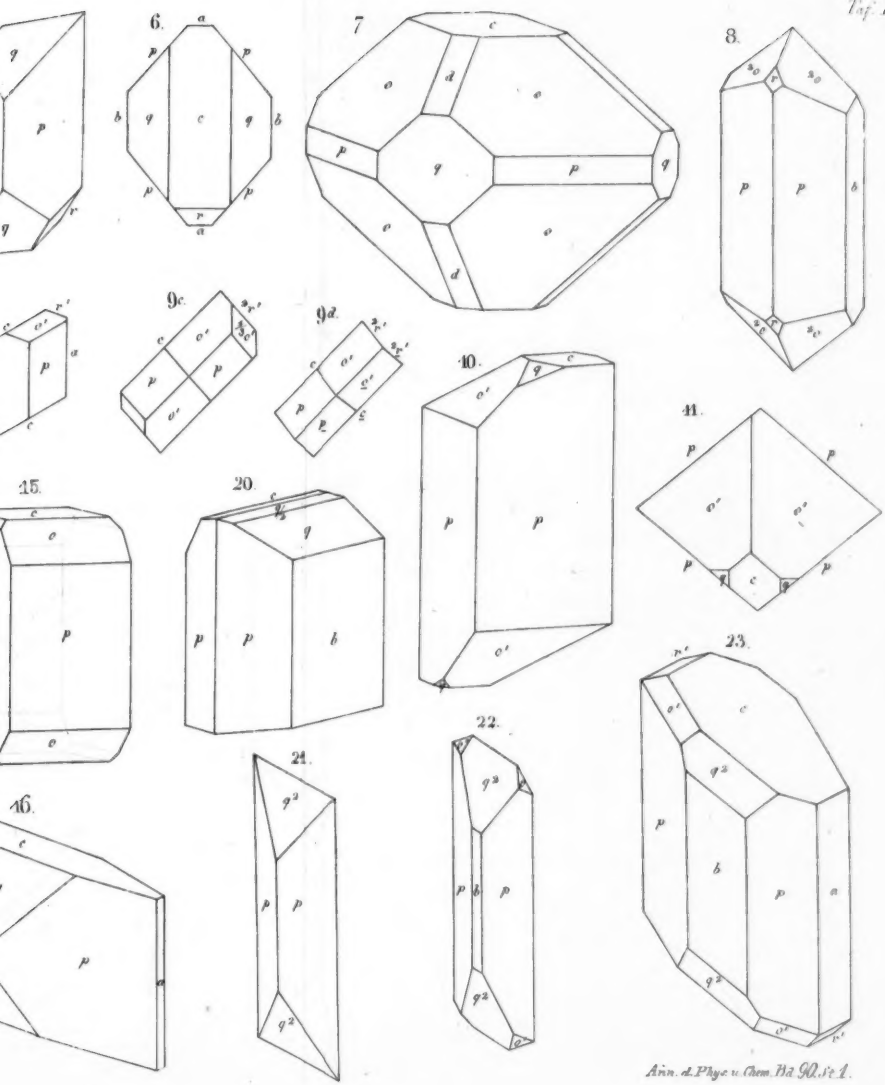
Nach der Formel: Spec. Gew. bei t° Fahrenheit

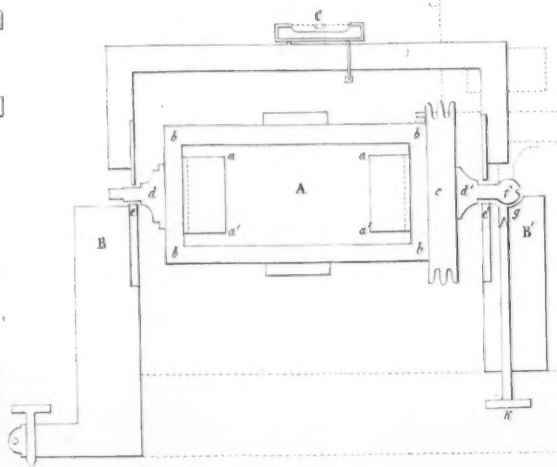
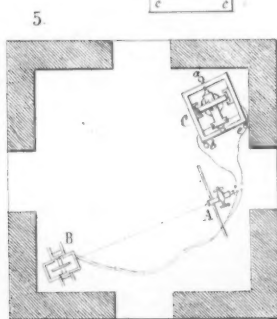
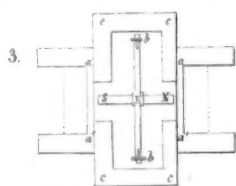
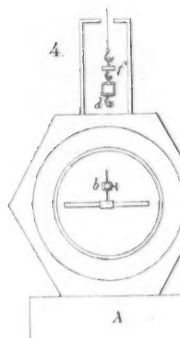
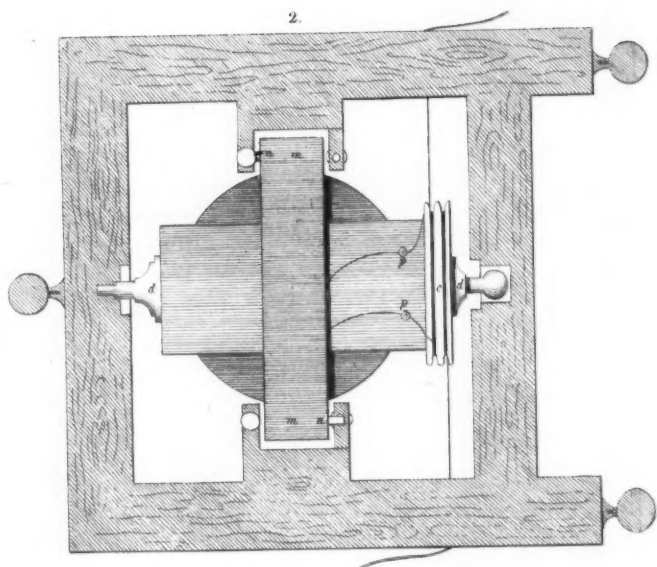
$$= \frac{1}{2}(t^2 - 42^2)[69 + 35,15(t^{\circ} - 42^{\circ})].$$

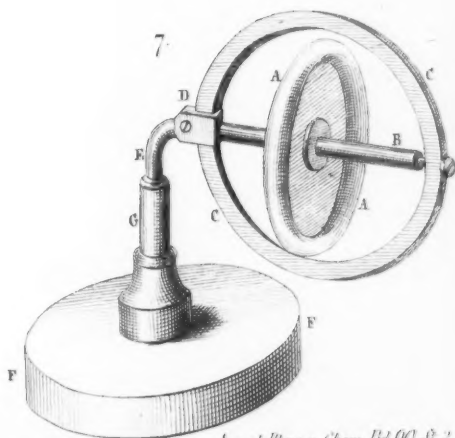
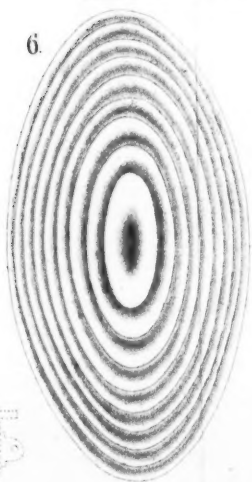
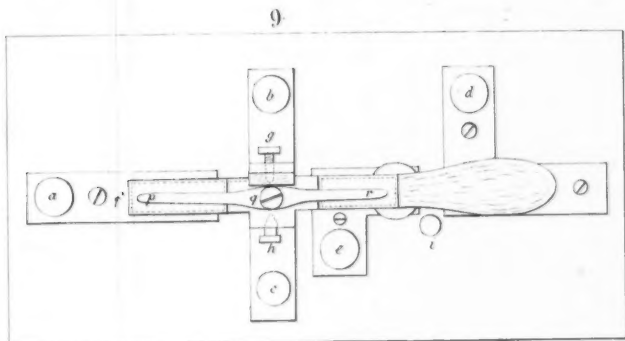
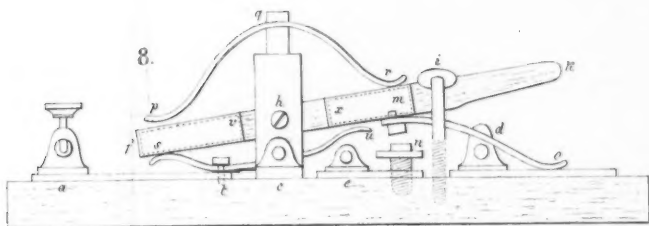


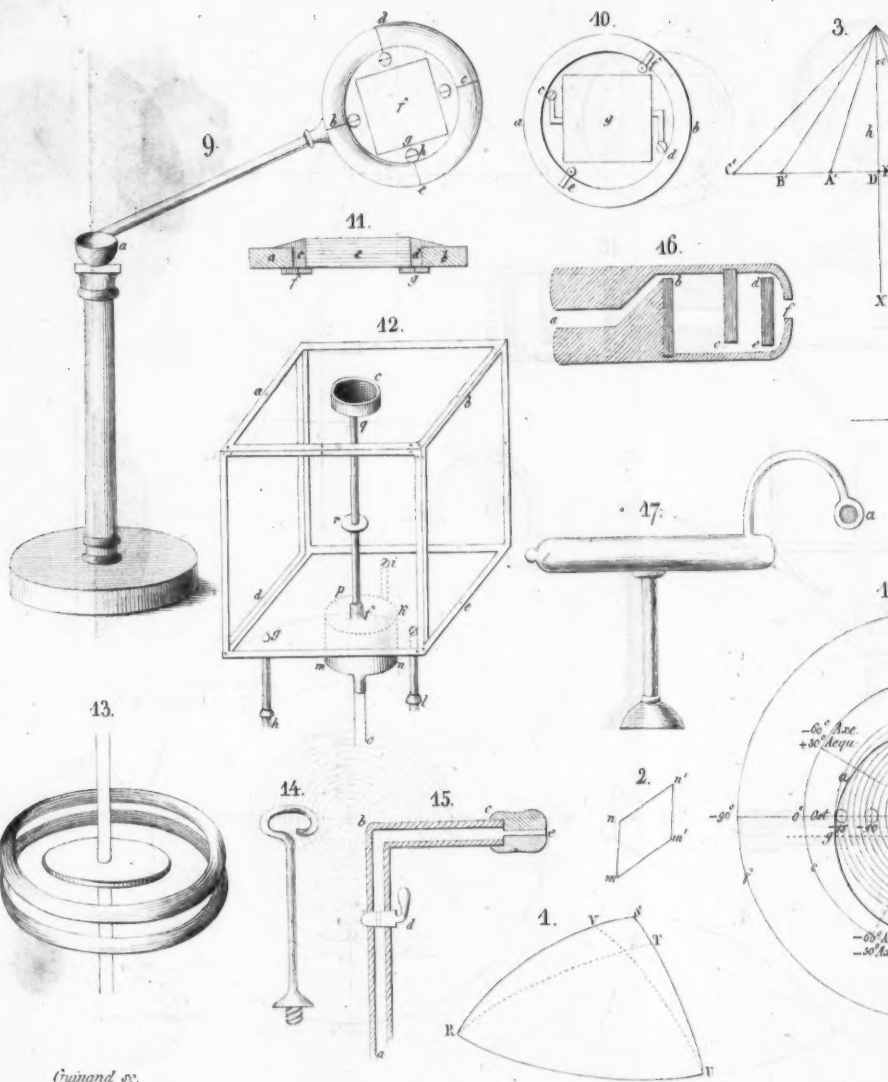


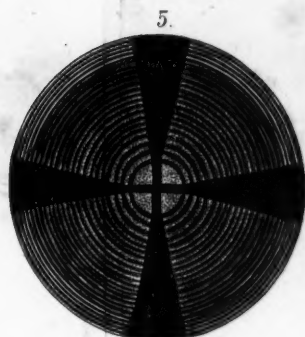
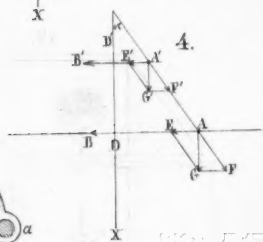
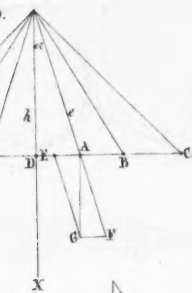
Günand se







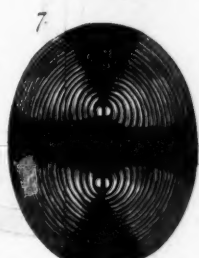




Normal.



Abnorm.



Normal.



Abnorm.

